

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

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

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е.И.

Редакционный совет:
РЕСИН В.И.

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

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

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

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

Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений

Адрес редакции:

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

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

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

Отрасль в современных условиях

Г.Р. БУТКЕВИЧ

Развитие промышленности нерудных строительных материалов России и США. Прошлое и перспективы 4

Проанализированы данные о развитии промышленности нерудных строительных материалов России и США за несколько десятилетий. Представлены сведения об изменении объемов производства, производительности труда, цен, использовании сырьевых ресурсов. Выявлены аналогии развития отрасли и основные отличия.

Современные бетоны. Наука и практика

В.И. КАЛАШНИКОВ, Д.М. ВАЛИЕВ, Д.В. КАЛАШНИКОВ, Н.В. МАСЛОВА

Роль тепловой обработки порошково-активированного мелкозернистого бетона для достижения сверхвысокой прочности. 10

Рассмотрена практика применения сверхвысокопрочного бетона и фибробетона в России и за рубежом. Сформулированы условия, необходимые для получения эффективного бетона. Рассмотрена роль тепловой обработки для достижения высокой прочности.

Н.Н. ЧЕРНОУСОВ, Р.Н. ЧЕРНОУСОВ, А.В. СУХАНОВ

Моделирование прочностных и деформативных свойств мелкозернистого цементно-песчаного бетона при осевом растяжении и сжатии 12

Проведены исследования опытных образцов бетона в виде восьмерок, которые испытывали в специально разработанном устройстве, позволяющем определять модуль упругости при растяжении и осуществлять квазистатическое нагружение. Получена новая зависимость для описания работы мелкозернистого бетона при осевом сжатии, а также подтверждена применимость формул Саржина и Карпенко для описания кривой зависимости напряжения-деформация при осевом растяжении.

И.М. БАРАНОВ

Реологические свойства бетонной смеси для подводного бетонирования. 15

Приведены порядок выполнения работ на статическом вискозиметре при определении реологических характеристик высокопластичных бетонных смесей и требуемые значения этих характеристик для бетона подводного бетонирования.

Расширение возможностей сборного железобетона (Информация) 20

Пополнение в «семье» КНАУФ: на предприятии «КНАУФ ГИПС Новомосковск» открыто новое производство сухих строительных смесей на гипсовой основе (Информация) 22

Материалы и конструкции

А.П. ПИЧУГИН, В.В. БАНУЛ, М.О. БАТИН

Стойкость термонапыляемых полимерных покрытий в средах животноводческих помещений 26

Приведены результаты исследований термически напыляемых полимерных покрытий металлических поверхностей из полиэтилена низкого давления для обеспечения антикоррозионной защиты стальных элементов очистных сооружений животноводческих комплексов. Отмечено активное влияние наноразмерных компонентов на формирование структуры покрытия, повышение адгезии, снижение величины усадки полиэтиленовых напыляемых покрытий, улучшение пластических и эксплуатационных свойств.

Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, А.В. КОЧЕТКОВ, И.Ю. САРЫЧЕВ, С.Ю. АНДРОНОВ

Особенности и проблемы обращения битума 32

Проанализирована технология производства нефтяного дорожного битума. Показано, что существующая методика оценки качества битума на асфальтобетонном заводе не обеспечивает достоверной информации о качестве материала. Причина в методах испытания битума, регламентируемых в действующих нормативных документах, что приводит к существенному запаздыванию информации о свойствах материала по отношению к реальному технологическому процессу. Отмечено несоответствие практики использования нормативных документов, регламентирующих методы контроля качества нефтяных дорожных битумов, процессам обращения битума на всех этапах его жизненного цикла. Показано, что для решения проблемы качества дорожного строительства необходимо разработать и внедрить в практику ускоренные методы испытаний, обеспечивающие получение достоверной информации о качестве битума и асфальтобетонных смесей в режиме реального времени.

А.Н. САВЕЛЬЕВ

Влияние введения полимеров в состав комплексной добавки на свойства щебеночно-мастичных асфальтобетонов 36

Рассмотрены проблемы повышения эксплуатационных качеств щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей путем введения в них различных комплексных добавок. Разработан состав комплексной добавки в ЩМА с применением модификатора, предварительно растворенного в отстойной смоле пиролиза древесины. Приведен анализ зависимости физико-механических характеристик ЩМА от вида модификатора в составе комплексной добавки. Выполненные исследования свидетельствуют об эффективности применения комплексных добавок на основе целлюлозных волокон в композиции с раствором каучукоподобных полимеров в отстойной смоле пиролиза древесины. Дана оценка влияния добавок на свойства ЩМА.

П.С. БЕЛЯЕВ, О.Г. МАЛИКОВ, С.А. МЕРКУЛОВ, Д.Л. ПОЛУШКИН, В.А. ФРОЛОВ

Решение проблемы утилизации полимерных отходов путем их использования в процессе модификации дорожного вяжущего 38

Рассмотрены вопросы повышения качества дорожных вяжущих путем модификации нефтяных дорожных битумов отходами термопластов и резинотехнических изделий. Представленные результаты подтверждают возможность снижения стоимости модифицированного дорожного вяжущего и перспективу задачи утилизации крупнотоннажных полимерных отходов при производстве строительных материалов.

А.А. ЛУКАШ, Г.В. ГЛОТОВ, Т.И. ГЛОТОВА

Обеспечение стабильности размеров и форм рельефной фанеры при ее эксплуатации 42

Рассмотрен механизм появления упругих и остаточных деформаций в рельефной фанере, возникающих при ее склеивании. Определены условия, при которых рельефная фанера теряет свою форму и расслаивается. Установлено, что рельефная фанера, которая эксплуатируется в сухих отапливаемых помещениях в течение длительного времени, сохраняет свои размеры и форму.

Л.В. САПАЧЕВА

Обсуждение научным сообществом нового научного направления – геоники (Информация) 44

Результаты научных исследований

А.Г. ПЕРЕХОЖЕНЦЕВ

Моделирование температурно-влажностных процессов в пористых строительных материалах. Часть 10. Расчет коэффициента теплопроводности влажных пористых материалов в зависимости от температуры и влагосодержания 46

Рассматривается методика расчета коэффициента диффузии влаги в зависимости от изменения температуры и влагосодержания пористых материалов.

И.Я. ГНИП, С.И. ВАЙТКУС, С.А. ВЕЯЛИС, Ю.С. ВАЛИВОНИС

Исследование ползучести полистирольного пенопласта (EPS) при постоянном сжимающем напряжении с использованием статистического планирования эксперимента 49

Представлены результаты экспериментальных исследований деформаций ползучести пенополистирольных изделий типов EPS 80, EPS 120 и EPS 150 при постоянном сжимающем напряжении, действующем перпендикулярно поверхности изделий. Методом статистического планирования исследований получены математические модели оптимизации толщины пенополистирольных образцов квадратной формы со стороной, равной 100 мм. Приведена графическая интерпретация полученных моделей. Для полистирольного пенопласта EPS 80, EPS 120 и EPS 150 определены относительные деформации ползучести на базе прямого эксперимента продолжительностью $t_n = 122$ сут при постоянном сжимающем напряжении $\sigma_c = 0,35 \sigma_{10\%}$. Определена остаточная деформация ϵ_s (собственно пластическая) при снятии постоянной удельной нагрузки σ_c в момент времени t_n . Приведены прогностические значения деформации ползучести $\epsilon_c(T=10 \text{ лет})$ для упреждения на 10 лет.

В.Б. БАБАЕВ, В.В. НЕЛЮБОВА, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ

Термическая обработка базальтового волокна как способ повышения его щелочестойкости 58

Обоснована актуальность разработки способов модификации базальтового волокна для повышения эффективности его использования в цементобетонах различного функционального назначения. Разработана методика термообработки волокна. Для изучения щелочной стойкости фибры предложено опытное моделирование естественных процессов, протекающих в течение гидратации цементного камня в сопряжении с процессами изменения поверхностной структуры базальтового волокна. На основании анализа изменения микроструктуры поверхности волокна, активных центров, фазового состава по данным ИК-спектроскопии и РФА волокна до и после термической обработки, предложена феноменологическая модель процесса модификации поверхности базальтового волокна при термической обработке.

Д.С. ТОЛМАЧЕВ

Влияние усадки на структуру и прочность растворов 62

Рассмотрены вопросы влияния усадки на прочность бетонов. Показано, что с увеличением расхода цемента в составе растворов усадка складывается из воздушной и контрактной составляющей, а ее величина возрастает за счет контракции. Установлено, что понижение активности цемента приводит к большему увеличению деформаций усадки, чем уменьшение крупности песка. Введение микронаполнителя типа метакаолина в состав растворов приводит к снижению их усадки и формированию более плотной структуры.

С.В. КОТОВ, С.П. СИВКОВ

Интенсификация измельчения цемента с добавкой известняка 66

Показано, что эффективный интенсификатор помола должен быть многокомпонентным и содержать вещества, характеризующиеся различными механизмами действия при измельчении материала. Установлено, что соли-электролиты и многокомпонентные интенсификаторы помола на основе данных солей являются эффективными интенсификаторами помола добавочных цементов. Проведены исследования удельной поверхности, распределения размеров частиц, общего тепловыделения измельченного портландцемента и определена прочность образцов цементного камня для исследованного портландцемента.

Новости 70

Уважаемые коллеги!

Подписку на журнал «Строительные материалы»[®] оформить легко:

1. *На любой период в редакции*

Оформить подписку в редакции можно с любого месяца на любой период. Для этого необходимо составить заявку в произвольной форме с указанием названия организации, юридического и почтового адреса.

Заявки направлять по факсу: **(499) 976-22-08, 976-20-36**
или по e-mail: **mail@rifsm.ru**

2. *Традиционно по каталогам*

6 или 12 номеров журнала «Строительные материалы»[®]



Подписной индекс по объединенному каталогу «Пресса России»

70886



Подписной индекс по каталогу агентства «РОСПЕЧАТЬ»

79809



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

61970

3. *На сайте издательства*

На сайте издательства **www.rifsm.ru** в разделе «Подписка» можно оформить подписку на электронную полнотекстовую версию журнала в формате *.pdf. Это позволит вам получать журнал еще до выхода его из типографии и быть независимыми от почтового ведомства России.

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

К 80-летию Георгия Романовича Буткевича



6 ноября исполняется 80 лет Г.Р. Буткевичу, кандидату технических наук, почетному строителю России, почетному академику Академии горных наук, действительному члену Российского научно-технического общества строителей, ученому секретарю ФГУП ВНИПИИстромсырье.

Г.Р. Буткевич выбрал специальность горного инженера, продолжая семейную традицию. После окончания Московского горного института он работал на карьерах мастером, сменным инженером, начальником участка. В 1960 г. Георгий Романович перешел на работу во ВНИПИИстромсырье (институт менял названия), и с тех пор его трудовая деятельность связана с отраслевой наукой. В институте он последовательно продвигался по научной стезе, защитил кандидатскую диссертацию, принимал участие в масштабных работах по техническому перевооружению нерудной промышленности, вырос до должности заведующего отделом. В настоящее время Георгий Романович Буткевич — ученый секретарь института.

Г.Р. Буткевич десятки лет занимается общественной инженерной деятельностью, связанной с горной отраслью промышленности строительных материалов. Сотрудничает с РНТО строителей с момента образования в 1969 г. секции «Нерудные строительные материалы». За прошедшие годы был инициатором и организатором конференций, семинаров, выставок, конкурсов, постоянно выступал с аналитическими докладами.

В тяжелые для отрасли 90-е гг. прошлого столетия Г.Р. Буткевичу как председателю секции «Нерудные строительные материалы» удалось сохранить традицию регулярного проведения отраслевых конференций (ранее — всесоюзных совещаний), получивших статус международных, а также практику регулярных заседаний секции. В 2004 г. Георгия Романовича избрали в состав правления ассоциации «Недра» — некоммерческого объединения производителей и потребителей природных строительных материалов, в создании которой он принимал участие.

Отдав всю трудовую жизнь горной отрасли промышленности строительных материалов, Г.Р. Буткевич накопил огромный багаж знаний и опыта, которыми щедро делится с коллегами — он автор и соавтор около 230 печатных работ в отечественных и зарубежных изданиях, 20 изобретений и более 50 статей в газетах. В настоящий период его научная деятельность связана с анализом тенденций развития отрасли, где он проработал 56 лет.

С журналом «Строительные материалы» Георгия Романовича связывают 50 лет сотрудничества. В 1963 г. он представил в журнал первую статью, и вот уже почти 20 лет является одним из самых активных членов редакционного совета.

Редакция, редакционный совет, коллеги сердечно поздравляют Георгия Романовича Буткевича с 80-летием и желают сохранять присущий ему оптимизм, стремление к реализации новых творческих планов и доброго здоровья.

удк 622

Г.Р. БУТКЕВИЧ, канд. техн. наук, ФГУП «ВНИПИИстромсырье» (Москва)

Развитие промышленности нерудных строительных материалов России и США. Прошлое и перспективы

Отечественная экономика переживает непростой период. Оценки аналитиков перспектив развития различных отраслей расходятся. Определенную помощь при исследовании ситуации в конкретной отрасли промышленности может оказать анализ данных о ее функционировании.

Промышленность нерудных строительных материалов (НСМ) является частью строительного комплекса. Потребность в НСМ и объем их производства зависят от конъюнктуры в строительстве, принимаемых руководством страны решений о финансировании конкретных программ, что влияет не только на платежеспособный спрос на НСМ в целом, но и на потребность в отдельных видах продукции.

Колебания объемов производства НСМ имеют четкую связь с изменениями в состоянии экономики

страны. В связи с глобализацией влияние на развитие различных отраслей оказывает состояние мировой экономики. В период кризисов и стагнации наблюдается сокращение производства основных видов строительных материалов, несмотря на усилия, предпринимаемые правительствами для поддержания экономики, финансирование программ по развитию инфраструктуры.

По объему перерабатываемой горной массы промышленность НСМ занимает одну из первых позиций среди горных отраслей. По оценке, приведенной в американском журнале «Пит энд квори», который специализируется на освещении проблем промышленности НСМ [1], уже несколько лет назад в мире производилось 27 млрд т НСМ, то есть более половины всех добытых в этот период твердых полезных ископаемых.

Таблица 1

Минерально-сырьевая база промышленности НСМ России [3]

Минеральное сырье	Количество месторождений		Запасы по категориям А+В+С ₁ , млн м ³	
	всего	в том числе в распределенном фонде	всего	в том числе в распределенном фонде
Строительный камень	1678	1034	23001	15489
Песчано-гравийные материалы	2415	1108	10952	5370
Пески строительные	2044	1097	7143	3348

Таблица 2

Динамика изменения выпуска НСМ, % к предыдущему году

Годы		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Россия	Производство НСМ	114	104	97	110	109	117	118	123	109	62	118	120	110
	Производство щебня	116	102	93	105	103	114	111	113	109	69	-	-	-
США	Производство НСМ из ПГС	104	100	100	100	110	103	103	93	86	78	96	101	105
	Производство дробленого камня	102	102	96	101	107	104	101	99	91	80	100	100	107

Рассмотрим данные, характеризующие развитие промышленности НСМ за продолжительный период. Ретроспективный анализ дает возможность выявить некоторые тенденции, свойственные данной отрасли промышленности строительного комплекса, которая, как и любая другая, имеет особенности [2]. Самые обширные данные о состоянии промышленности НСМ представляет Геологическая служба США. Росстат в последние годы изменил систему отчетности, и часть данных о состоянии отрасли найти невозможно. В статотчетности США также имеются некоторые особенности. Интересующая нас информация распределяется по двум позициям: песчано-гравийные породы (ПГС – песчано-гравийная смесь, наиболее часто встречающаяся аббревиатура) и дробленый камень. Причем вся продукция, производимая из песчано-гравийных пород, включая щебень из гравия, учитывается в разделе ПГС. В позицию «дробленый камень» включают сырье для производства цемента, сельхозмуки и другой продукции. На долю щебня приходится от 82 до 84% данной позиции.

Минерально-сырьевая база промышленности НСМ различных стран имеет существенные отличия. Десятилетия назад большая часть минеральной продукции, относившаяся к НСМ, производилась из песчано-гравийных пород. Преобладающее использование материалов, производимых из ПГС, объясняется уровнем требований строительных технологий того периода. Кроме того, производство продукции из ПГС менее трудо- и фондоемко. Количество месторождений ПГС обычно превышает количество месторождений строительного камня. Однако по объему запасов месторождения ПГС значительно уступают месторождениям строительного камня (табл. 1) [3]. В РФ доля продукции, производимой из ПГС, в 1980-х гг. достигала 2/3. В настоящее время она все еще превышает долю продукции, производимой из скальных пород. Но за последние десятилетия доля продукции, производимой из ПГС, сокращается, что соответствует мировым тенденциям. Например, в США до 1972 г. наибольший объем НСМ производился из ПГС, после чего доля продукции из скальных пород превысила половину и в настоящее время составляет около 60%.

По оценкам ЦНИИгеолнеруда [4], 60,4% щебня в РФ производится из высокопрочных пород, к которым обычно относят изверженные породы. Указанное соот-

ношение в основном сохраняется в России много лет. В США количество продукции, производимой из скальных пород, распределяется следующим образом: из известняка и доломита – 68–72%; гранита – 14–16%; траппов – 7–9%. Следовательно, минеральная база РФ существенно отличается от американской. При этом следует учитывать, что в США карбонатные месторождения в основном представлены однородными по прочности породами. Поэтому щебень из карбонатных пород используется и в дорожном, и железнодорожном строительстве.

Совершенствование строительных технологий привело к ужесточению требований к качеству НСМ и потребовало расширения номенклатуры продукции. В отечественной практике эта тенденция выродилась в неоправданное увлечение щебнем так называемой кубовидной формы из прочных изверженных пород за счет более дешевого щебня из гравия и однородных осадочных пород, что привело не только к увеличению радиуса перевозок, но и к значительному росту импорта.

Новым видом сырья для производства НСМ являются отходы строительного производства – строительный лом – и некоторые другие виды вторичного сырья. В европейских странах доля НСМ, производимых из вторичного сырья, достигает 10% и более. В США в последние годы начали сообщать данные о производстве НСМ из разных видов строительного лома. Этот вид продукции относят к позиции «дробленый камень». За последние пять лет называются объемы производства в пределах 26–29 млн т в год. Однако специалисты США указывают на трудности строгого учета этого вида продукции и называют большие цифры. Нынешний объем устойчиво занимает долю в 2%. В РФ этот вид сырья также освоен и находит спрос. Но объемы переработки строительного лома пока очень малы.

Объем производства НСМ в мире имеет тенденцию к росту. Даже в период спадов выпуск этого вида минеральной продукции за счет Азиатско-тихоокеанского региона продолжает увеличиваться. Результаты глобализации мировой экономики хорошо иллюстрирует сравнение динамики развития промышленности НСМ России и США (табл. 2). К 2000 г. экономика России начала выходить из глубочайшего кризиса. По этой причине сравнивать более ранние периоды нет смысла. В начале XXI в. произошел спад мировой экономики, отразившийся почти одновременно на промышленно-

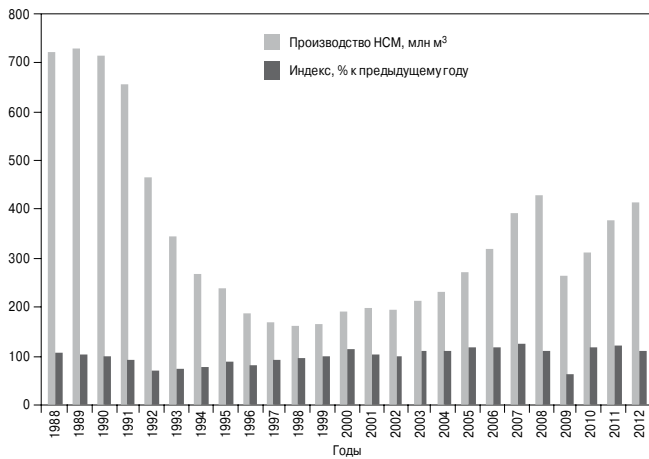


Рис. 1. Производство нерудных строительных материалов в России

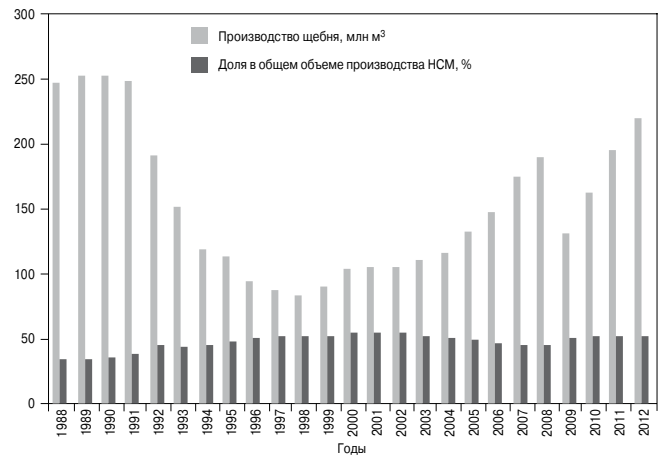


Рис. 2. Производство щебня в России

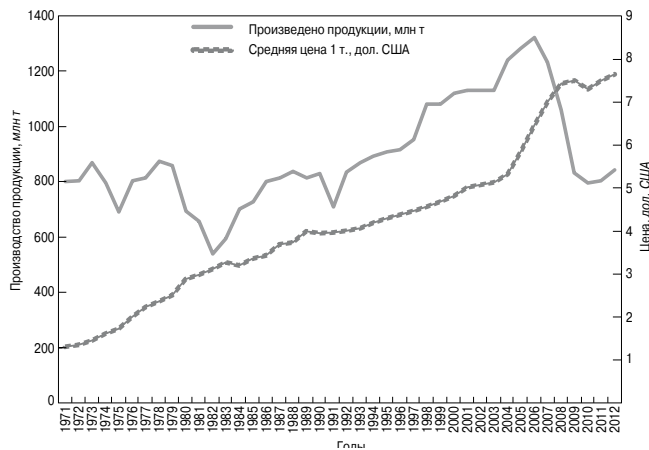


Рис. 3. Производство продукции из песчано-гравийных пород в США

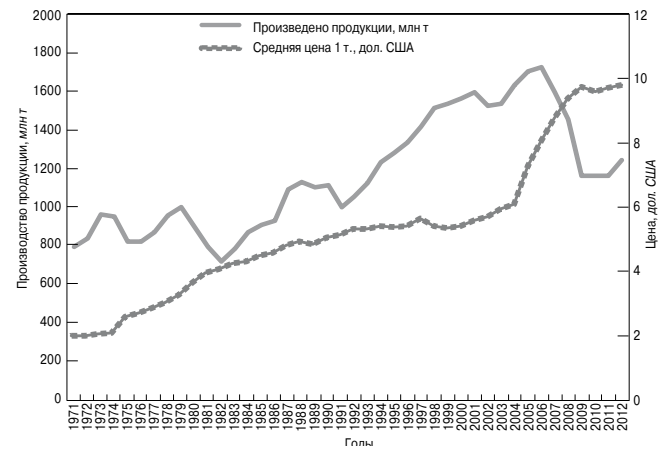


Рис. 4. Производство дробленого камня в США

сти НСМ обеих стран. Восстановление промышленности РФ происходило быстрее, поскольку после обвала производства почти в пять раз при наличии платежеспособного спроса использовались сохранившиеся мощности.

В глобальный кризис, который начал проявляться в США в 2007 г., российская промышленность НСМ вошла на два года позже, но за один год снизила объем производства на 38% (в США за три года на 36%). Восстановление российской нерудной промышленности началось раньше и проходит энергичнее. Хотя объем производства НСМ в 2012 г. почти достиг докризисного 2008 г., он составляет всего 57% от объема производства 1989 г. Выпуск щебня в РФ за год упал до 69%, а песка до 59% докризисного уровня. В период между спадами (2003–2008 гг.) рост производства НСМ составил 203%, выпуск щебня 172%, песка 168% (рис. 1, 2). Таким образом отечественная промышленность НСМ демонстрирует способность к быстрому восстановлению.

Во время последнего кризиса объем производства НСМ в США к 2010 г. снизился до 64,3%. Сокращение производства продукции из ПГС происходило интенсивнее, чем из скальных пород, снизившись соответственно до 60% и 67% по отношению к максимальному уровню 2006 г. Достижение докризисных показателей производства занимает различное время. Кратковременный спад выпуска продукции из ПГС, произошедший в 1991 г. и составивший по отношению

в 1988 г. 84% был преодолен за один год. Кризис 2007 г., наступивший после непрерывного роста производства НСМ в течение 20 лет, оказался значительно более разрушительным (рис. 3, 4).

Наибольший объем производства продукции из обеих групп сырья был достигнут в 2006 г.: 1720 млн т из скальных пород и 1320 млн т из песчано-гравийных. За вычетом продукции, не относящейся к НСМ, общий объем производства НСМ составил примерно 2,7 млрд т.

В периоды подъема производительность труда систематически повышалась. При этом рост численности персонала отставал от производительности труда. Учитывая, что во время спада производства численность трудящихся не может снижаться пропорционально выработке, производительность труда снижается (табл. 3).

Максимальная выработка на одного трудящегося в США была зафиксирована в 2006 г. при достижении рекордной выработки продукции: 34,3 тыс. т из ПГС и 21 тыс. т из дробленого камня. По производительности труда отечественные предприятия отстают от развитых стран в несколько раз. Корректное сравнение по данному вопросу представить затруднительно. Одна из причин – различия в организации работ. Так, в США даже на крупных предприятиях отсутствуют ремонтные службы. Даже нет сварочного трансформатора. Многие виды работ выполняют подрядные фирмы. Нормативы отечественных ПТЭ по-прежнему предусматривают обслуживание каждого агрегата, работающего в единой тех-

Динамика изменения выработки трудящегося США

Продукция	Годы				
	1995	2000	2005	2010	2012
Дробленый камень, выработка, тыс. т/чел	16,9	19,8	20,8	14,7	15,7
Изменение по отношению к 1995 г., %	–	117	123	87	93
Песчано-гравийная смесь, выработка, тыс. т/чел	27,5	29,6	33,9	26,9	26,7
Изменение по отношению к 1995 г., %	–	108	123	98	97

Таблица 3

Динамика изменения цены на некоторые виды НСМ

Продукция	Годы				
	1972	1982	1992	2002	2012
Дробленый камень, цена 1 т, дол. США	2	4,08	5,31	5,71	9,78
Изменение цены, %*		204 / –	130 / 266	106 / 285	171 / 489
Песок и гравий, цена 1 т, дол. США	1,35	3,11	4,01	5,07	7,65
Изменение цены, %*		230 / –	129 / 297	126 / 376	151 / 567

Примечание. Перед чертой – изменение цены по отношению к цене за прошедшие 10 лет, за чертой – к цене 1972 г.

Таблица 4

Количество действующих компаний НСМ США в 2012 г.

Количество	Полезные ископаемые	
	Скальные	Песчано-гравийные и пески
Компаний	1550	4000
Карьеров	4000	6500
Шахт	91	–
Дистрибьюторских фирм	210	–

Таблица 5

нологической линии, 1–2 рабочими. За рубежом приняты другие нормативы, при которых персонал, обслуживающий передвижные и самоходные комплексы, составляет не более 2–3 человек.

Цены на НСМ в США и других странах на протяжении 50 лет непрерывно росли. Наибольший рост цен в США происходил в 1970–1980-е гг. (табл. 4). Можно констатировать, что цены на продукцию из ПГС росли более быстрыми темпами.

В годы спада (1971, 1975, 1982) цена на продукцию, как правило, продолжала расти. Исключения составляет снижение цены в 1990 г. – до 99% и 2010 г. – до 97% на продукцию из ПГС и до 98% на дробленый камень. Несколько раз наблюдалось незначительное снижение цен на дробленый камень в другие годы. За 40 лет цены на продукцию из ПГС возросли в 5,9 раза, а на дробленый камень – в 4,9 раза. При этом сохранилось соотношений между ценами: в 1972 г. продукция из скальных пород была дороже в 1,48 раза, а в 2012 г. – в 1,45 раза.

Стоимость потребительской корзины, скорректированная с учетом сезонных изменений, за тот же период возросла в 5,7 раза, хотя колебания этого показателя в отдельные годы были значительно выше, чем на НСМ.

В США количество компаний, горных предприятий и дистрибьюторских компаний увеличивается, даже несмотря на сокращение объема производства. На предприятиях, разрабатывающих месторождения ПГС, за 15 лет количество компаний возросло с 3,8 до 4 тыс., а карьеров – с 5,8 до 6,5 тыс. (табл. 5). Количество компаний и горных предприятий, разрабатывающих месторождения скальных пород, включая шахты, в 1995 и 2012 гг. оказалось практически одинаковым, хотя в первом десятилетии XXI в. число компаний и карьеров

в отдельные годы сокращалось. В США параллельно функционируют как крупные, так и малые карьеры и фирмы. Распространен семейный бизнес. Большинство компаний владеют одним-двумя карьерами. Хотя есть компании, владеющие сотней и более карьеров, включая мелкие. Распространяется практика обслуживания нескольких карьеров самоходными и передвижными комплексами, перевозимыми с одного объекта на другой. Росстат приводит данные о количестве горных предприятий, осуществляющих «добычу полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических» [5]. В 2011 г. учтено 6043 предприятия. За последние годы происходило постоянное увеличение количества предприятий этой группы на несколько сотен ежегодно. Отечественные специалисты считают, что в России функционирует от 3 до 5 тыс. карьеров. По мнению автора, реальное количество карьеров составляет не менее 4 тыс. В 2012 г. средняя производительность песчано-гравийных карьеров США составляла 125 тыс. т, карьеров, разрабатывающих месторождения скальных пород, – 310 тыс. т. Она оказалась ниже, чем в докризисный период; в наибольшей степени производительность уменьшилась на песчано-гравийных предприятиях. Средняя производительность предприятий в периоды спада снижается также и в РФ и составляет 100–120 тыс. м³.

Объем производства НСМ резко изменяется по кварталам года и в США (табл. 6) [6], и в РФ, но по разным причинам. В США объем строительных работ в зимний период сокращается, вследствие чего часть горных предприятий временно прекращают функционировать, производя только отгрузку продукции. Часть персонала занимается ремонтом оборудования, а остальные уходят в отпуск или получают статус безработных. В РФ падение спроса на продукцию связано и с тем, что основной объем финансирования строительных программ приходится на два последних квартала.

В промышленности НСМ США импорт и экспорт продукции занимают незначительное место. За последние 20 лет импорт щебня увеличился с 4 до 21 млн т в год. Его доля в данной группе продукции не превысила 1,5%. Экспорт щебня колебался в 1990-х гг. в пределах 2–6 млн т, а в 2000-е гг. зафиксировался на уровне около 1 млн т. Импорт продукции из ПГС оказался еще меньшим и за последние годы находился в пределах 1–7 млн т. Экспорт составлял всего 1–3 млн т в год. Основными импортерами НСМ являются Канада, в меньшей степени Мексика и Багамские острова.

На состояние экспортно-импортных отношений решающее влияние оказывают не только издержки производства, в первую очередь уровень оплаты труда, но и тарифы на перевозки. Во многих развитых странах, где автоперевозки занимают лидирующие позиции, оптимальное расстояние перевозок автотранспортом находится в пределах 60 км. В России в результате неконтролируемой ценовой политики монополиста – РАО «РЖД» рост тарифов на перевозки железнодорожным транспортом значительно опережает инфляцию, след-

ствии чего стремительно растет объем более трудоемких и менее экологических автоперевозок. Политика РЖД имеет и другие негативные последствия. Так, постоянно возрастают поставки щебня из прочных изверженных пород из Украины, составляя реальную конкуренцию продукции отечественных производителей. Объем импорта щебня из Украины достиг 18 млн т, составив 6% потребляемого в России продукта. По той же причине отечественные материалы из отсевов дробления на 3/4 остаются невостребованными и укладываются в отвалы, увеличивая нагрузку на окружающую среду. Щебень и другие НСМ в небольших объемах поступают в Россию также из Белоруссии и некоторых других стран.

Попутно следует отметить, что необоснованное увлечение щебнем из прочных изверженных пород приводит к неоправданно дальним перевозкам. Например, щебень везут в Московский регион не только из Северо-Западного округа, но и из Свердловской и Челябинской областей на расстояние 2 тыс. км. Поэтому определяющим фактором в снижении цены продукции у потребителя является транспортная составляющая, доля которой достигает 70% и более в стоимости НСМ. Косвенно этот фактор влияет на техническую политику производителя. По мнению заместителя директора ФГУП «ВНИПИИстромсырье» О.Е. Харо, нет смысла внедрять новые технологии, требующие инвестиций и хлопот, которые позволят снизить издержки производства на 10–20%, если транспортные расходы увеличивают стоимость продукции в разы.

Могут представлять интерес сведения о рынке акций предприятий США. Данные об изменении капитализации отдельных компаний, производящих НСМ в США (табл. 7) [7], показывают, что наиболее крупные из них, такие как «Мартин Мариэтта Материалз» и «Валкэн Материалз», показывают большую стабильность. Следует учитывать, что стоимость акции не характеризует положение компании на рынке и зависит от количества выпущенных акций. Чтобы составить представление о состоянии компании, рассматривают динамику изменения оценки акций за продолжительный период. Для сравнения, индекс Доу-Джонса за этот же период изменялся в пределах 123%.

Основными потребителями НСМ в РФ и США являются производители бетона и строители автодорог. Соотношение объемов между этими потребителями оценивается в пределах 40:60%. По данным ведущих отечественных отраслевых институтов, потребление НСМ в России в начале 2000-х гг. распределялось следующим образом: бетонные работы 45%; строительство автодорог 45%; железнодорожное строительство 10% [8]. Президент Национальной ассоциации песка, гравия и камня США (NSGSA) Джой Пиннигер также считала, что бетонщики и дорожники используют примерно равные объемы НСМ. Следует учитывать, что распределение зависит от финансирования государственных и му-

Таблица 6

Распределение объемов выпуска НСМ в США за 2012 г. [5]

Кварталы	1	2	3	4
Продукция из скальных пород				
Доля в годовом выпуске, %	18,9	27,7	29,1	24,7
По сравнению с аналогичным периодом 2011 г., %	108,7	101,8	98,7	98,7
Продукция из ПГС				
Доля в годовом выпуске, %	16,9	28,3	30,3	24,5
По сравнению с аналогичным периодом 2011 г., %	109,9	106,3	100,4	100,4

Таблица 7

Изменение капитализации крупнейших компаний НСМ США [6]

Компания	Цена акции 1.04.2013 г., дол. США	Диапазон изменений цен акций за год	
		проценты	дол. США
«Мартин Мариэтта Материалз»	101,96	167	63,64–106,57
«Грэнит Констракшен»	31,74	176	21,38–37,74
«Валкэн Материалз»	51,7	184	32,31–59,48
«Тексас Индастриз»	63,45	224	30,1–67,44
«Игл Материалз»	66,78	244	29,64–72,31
«Цемекс»	12,21	257	4,94–12,71

Таблица 8

Использование продукции из песчано-гравийных пород, произведенной в США в 2012 г.

Направление использования	Доля, %
Приготовление бетона	43
Строительство и ремонт автодорог	26
Приготовление асфальтобетона	12
Производство других битуминозных изделий	12
Водяные фильтры, площадки для гольфа, железнодорожный балласт	4
Изготовление блоков, труб и др. изделий, штукатурка, торкретбетон, антигололедная посыпка	3

ниципальных программ. Направления использования продукции в США приведены в табл. 8.

Сопоставив результаты работы предприятий промышленности НСМ России и США и условия их функционирования, можно найти аналогии и различия.

Среди общих положений можно выделить следующие:

- зависимость от финансирования государственных и муниципальных строительных программ;
- включение в глобальные процессы мировой экономики;
- способность при наличии платежеспособного спроса к быстрому увеличению выпуска продукции;
- значительное сокращение выпуска продукции в начале календарного года;
- рост доли скальных пород в выпускаемой продукции;
- большое количество горных предприятий;
- конкурентоспособность мелких предприятий;
- широкое распространение технологий, основанных на применении самоходных и модульных перерабатывающих комплексов.

Промышленность НСМ США имеет ряд существенных отличий:

- различие минерально-сырьевой базы, в основном относящееся к скальным полезным ископаемым;
- более высокая концентрация производства; ряд компаний владеет десятками карьеров;

- более жесткий контроль качества продукции;
- действует четкое законодательство о недропользовании, которое неукоснительно соблюдается;
- культура производства, высокая производительность труда, низкий травматизм;
- конкурентоспособность подземных работ и схемы вскрытия месторождений глаукофанами;
- систематически публикуются краткосрочные прогнозы различных экспертов, что позволяет принимать более взвешенные и обоснованные управленческие решения.

Выводы

1. Промышленность НСМ является одной из крупнейших горнодобывающих отраслей мира и России. Однако ее особенности в недостаточной степени учитываются отечественным законодательством о недропользовании.

2. Загрузка предприятий промышленности нерудных строительных материалов во многом определяется финансированием государственных и муниципальных строительных программ и также зависит от глобальных процессов в мировой экономике.

3. Промышленность нерудных строительных материалов России и США доказала, что способна к быстрому восстановлению после кризиса. Возможность резкого наращивания мощностей связана с наличием квалифицированных кадров производственных специальностей и проектировщиков, готовностью транспортных коммуникаций к вывозу продукции и обеспеченностью энергоресурсами.

4. Предприятия промышленности НСМ в состоянии выпускать продукцию, параметры которой соответствуют возрастающим требованиям потребителей. Чтобы увеличить количество фракций, создавать смеси с заданным соотношением компонентов, производить

щебень так называемой кубовидной формы, исключить сегрегацию продукции при складировании и т. д., разрабатываются новые технологии, создаются новые виды оборудования и начинается их массовое производство.

Ключевые слова: *нерудные строительные материалы, песчано-гравийная смесь, производительность труда, цены.*

Список литературы

1. (2012) Pit & Quarry, March, p. 8.
2. *Буткевич Г.Р.* Периодизация развития промышленности нерудных строительных материалов // *Строительные материалы.* 2013. № 1. С. 16–19.
3. *Садыков Р.К., Сенаторов П.П. и др.* О нерешенных вопросах обеспечения нерудными строительными материалами дорожного строительства в РФ. XIV Международная конференция «Технология, оборудование и сырьевая база горных предприятий промышленности строительных материалов». М., 2010. С. 88–95.
4. *Сенаторов П.П., Сенаторова С.З.* Минерально-сырьевая база, добыча и переработка высокопрочного строительного камня в РФ. XIV Международная конференция «Технология, оборудование и сырьевая база горных предприятий промышленности строительных материалов». М., 2010. С. 105–110.
5. Промышленность России. М.: Росстат, 2012. С. 170.
6. (2013) Pit & Quarry/Market Reference Guide, pp. 13–16.
7. (2013) Pit & Quarry/Market Reference Guide, pp. 8–9.
8. *Буянов Ю.Д., Харо О.Е., Буткевич Г.Р.* Задачи горной отрасли промышленности строительных материалов на современном этапе // *Строительные материалы.* 2005. № 4. С. 6–8.



**ТОРГОВЫЙ ДОМ
ИНТА-СТРОЙ**

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

ОБОРУДОВАНИЕ «ИНТА-СТРОЙ» ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**УСТАНОВКА ШЛ 364А
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ОРГАНИЧЕСКОГО
ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ
«ОМПОР»**



Основные характеристики:

- производительность, м³/сут. – 0,6;
- мощность привода, кВт – 19,1;
- габариты (дл., шир., выс.), мм – 3820, 2560, 3865;
- масса, кг – 1515.

Назначение

- Установка предназначена для приготовления органического белкового пенообразователя (пеноконцентрата), используемого для производства пенобетона, путем щелочного гидролиза белоксодержащего сырья.

Преимущества:

- простота конструкции;
- автоматизация цикла варки сырья;
- низкая стоимость и доступность сырья;
- высокая стойкость пены и качество получаемого пенобетона;
- в комплектацию входит технология.

МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ

В.И. КАЛАШНИКОВ, д-р техн. наук, Д.М. ВАЛИЕВ, инженер,
Д.В. КАЛАШНИКОВ канд. техн. наук, Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства; Н.В. МАСЛОВА, канд. техн. наук,
Тольяттинский государственный университет (Самарская обл.)

Роль тепловой обработки порошково-активированного мелкозернистого бетона для достижения сверхвысокой прочности

Задача повышения прочности бетона во все периоды его развития была главенствующей. В последние двадцать лет эта проблема касается получения высокопрочного и сверхвысокопрочного бетона с прочностью более 150 МПа, в том числе самоуплотняющегося (СУБ), и реализации их в строительстве. Опыт получения бетона с прочностью 400–500 МПа в лабораторных условиях имеется начиная с 1970 г. По этой проблеме за рубежом бетонными и цементными ассоциациями подготовлено достаточно много публикаций и отчетов [1]. Почти все лабораторные исследования создания бетона со сверхвысокой прочностью связаны с прессованием малых образцов из горячих порошковых смесей при высоком давлении и длительной выдержкой их при высокой температуре под механическим давлением. Однако бетон с прочностью более 250 МПа пока не нашел широкой реализации в отечественной практике строительства. Хотя в зарубежной практике высокопрочный бетон и фибробетон применяются при возведении различных объектов [2, 3].

В России в 2010 г. впервые использован реакционно-порошковый бетон с прочностью 180–200 МПа при возведении памятника Победе и обелиска «Аллея Победы» [4]. Позже сверхвысокопрочный бетон был использован при изготовлении сверхлегких трехслойных стеновых панелей для северных регионов России с массой 1 м^2 130–140 кг, термическим сопротивлением $5,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Кроме того, сверхвысокопрочный бетон использован при изготовлении пустотелых архитектурно-декоративных заборов со снижением массы в 5–8 раз по сравнению с традиционными ограждениями территорий. Приведенные примеры реализации сверхвысокопрочного бетона и фибробетона показывают неограниченные экономические возможности использования его в строительстве.

Прогресс в технике и технологии бетона достигнут за рубежом и в России путем применения значительного количества микрометрических частиц размером 1–100 мкм, добавляемых к цементу [5]. Такую технологию назовем *микротехнологией* бетона. Добавление реакционно-активного микрокремнезема с 50% содержанием частиц размером 100–400 нм усиливает реологическое действие микрометрических частиц и способствует более быстрому связыванию извести в дополнительное количество гидросиликатов кальция. Такое же действие оказывает добавление нанометрических частиц аморфного кремнезема (микросилика, белая сажа, силикатный дым), при этом образуются наногидросиликаты кальция размером 10–100 нм. В этом случае технология бетона становится *микронанотехнологией*.

Расширение рецептуры высокопрочного бетона нового поколения с введением активных тонкодисперсных компонентов микромасштабного уровня и тонко-

зернистого песка фракции 0,1–0,5 мм открыло новую эру порошковой активации бетона. Эффективные суперпластификаторы превращают суспензии таких порошков в реологически активные, высокоагрегативно-устойчивые при низкой объемной концентрации жидкой фазы. Высокая объемная концентрация твердой фазы в смеси при сохранении текучести является тем критерием, который отличает бетон нового поколения. Эталонное реологическое состояние бетонных смесей должны быть самоуплотняющиеся смеси, которые имеют высокую объемную концентрацию твердой фазы при высокой прочности бетона. Оценочным показателем оптимального состава бетонных смесей должны быть удельная осадка конуса бетонной смеси ($OK_W^{уд}$) или удельный распыл ($R_W^{уд}$) из стандартного конуса. Эти показатели – отношение осадки и распыла конуса к процентному содержанию воды от массы сухих компонентов самоуплотняющихся смесей должны быть высокими. Естественно, что такие показатели будут различными для реакционно-порошкового бетона и порошково-активированного щебеночного и песчаного бетона. Чем они выше в своей группе бетонов, тем совершеннее рецептура, технология и в целом выше культура производства.

В настоящих исследованиях порошково-активированный щебеночный самоуплотняющийся бетон для изготовления бордюрного камня имел расход цемента М500Д0 – $315 \text{ кг}/\text{м}^3$ и прочность при сжатии 131 МПа. Водосодержание бетонной смеси 4,9% от массы сухих компонентов, осадка конуса 25 см. Удельная осадка конуса на 1% использованной воды равна $5,1 \text{ см}/\%$. Объемная концентрация твердой фазы $C_W^T=87\%$, удельный расход цемента на единицу прочности при сжатии $2,42 \text{ кг}/\text{МПа}$. Можно также охарактеризовать этот бетон отношением прочности к использованной воде: $R_W^{уд}=28,4 \text{ МПа}/\%$.

Таким образом, для качественного анализа рецептуры, реологического состояния бетонных смесей и характеристики бетона нового поколения необходимо использовать несколько оценочных критериев: $OK_W^{уд}$, $R_W^{уд}$, C_W^T , $R_W^{уд}$, $C_R^{уд}$.

Отдельные публикации зарубежных исследователей посвящены повышению прочности бетона нового поколения при длительной тепловой обработке. В основном это касается особо высокопрочного бетона с повышенным количеством микрокремнезема (МК) [6]. В [6] бетон подвергали длительному пропариванию в течение 48 ч. Сделан вывод, что в результате длительной термобработки происходит существенное повышение прочности. Было исследовано семь составов фибробетона. Порошково-активированный щебеночный фибробетон с расходом цемента 630 и $830 \text{ кг}/\text{м}^3$, МК – 25–31% массы цемента, с армированием фиброй 2,5 об. % имел

Характеристики	Значение характеристик	
	ПАМБ-48	ПАМБ-49
Расход цемента, кг	475	475
В/Ц	0,33	0,29
В/Т	0,072	0,063
Консистенция смеси	П-5	Ж-1
$R_{сж}^{н\bar{y}}$ через 28 сут, МПа	110,4	114,8
$R_{сж}^{н\bar{y}}$ через 500 сут, МПа	130	144
Прочность после ТВО в течение 10 ч, МПа	98	102,8
Прочность пропаренного бетона после 27 сут последующего твердения, МПа	106	111,2
Прочность после ТВО в течение 72 ч, МПа	138	147
Прирост прочности после ТВО в течение 72 ч по отношению к прочности бетона после 10 ч ТВО, %	41	43
$\rho_{R}^{вд}$ после 72 ч ТВО, кг/МПа	3,5	3,2

прочность 180–200 МПа после пропаривания в течение 2 сут при температуре 90°C. Удельный расход цемента на единицу прочности при сжатии составлял для первого бетона 4–4,4, для второго – 3,4–3,5 кг/МПа. Если микрокремнезем отнести к компоненту цементно-микрокремнеземного вяжущего, то удельный расход такого вяжущего на единицу прочности при сжатии будет равен 4,9–5,5 и 4,5–4,6 кг/МПа. Эта оценка удельного расхода композиционного вяжущего более объективна, так как стоимость МК у различных производителей равна или выше стоимости цемента. Реакционно-порошковый фибробетон с расходом цемента 900 кг/м³, МК – 25% (225 кг/м³) имел прочность после пропаривания 255 МПа. При этом $\rho_{R}^{вд}=3,5$ кг/МПа, а удельный расход композиционного вяжущего $KB_{R}^{вд}=5,5$ кг/МПа.

В данной работе приведены результаты исследования двух составов порошково-активированного мелкозернистого (песчаного) бетона (ПАМБ) без микрокремнезема со средним расходом цемента 475 кг/м³ при двух различных водоцементных отношениях (В/Ц). Содержание остальных компонентов было одинаковым. Важно было оценить, в какой мере будет прирост прочности бетона без МК, но с повышенным содержанием микрокремнезема ($S_{уд}=320$ м²/кг) после пропаривания при температуре 80°C продолжительностью изотермии 72 ч. Для сравнения ряд образцов пропаривали с изотермией в течение 10 ч при той же температуре. Эта серия пропаренных образцов была испытана через 27 сут последующего нормального твердения. Контрольные образцы твердели 28 сут при нормальных условиях твердения. Результаты приведены в таблице.

Как следует из таблицы, оба вида бетона как из высокопластичной, так и из жесткой бетонных смесей имели через 28 сут близкие значения прочности 110,4 и 114,8 МПа.

За 500 сут хранения образцов прочность возросла соответственно до 130 и 144 МПа, а приросты прочности по отношению к 28-суточной составили 17 и 28%.

Прочность при сжатии пропаренного бетона в течение 10 ч изотермической выдержки при температуре 80°C немного уступала 28-суточной. Были достигнуты высокие коэффициенты при пропаривании, равные 0,89 и 0,9. За 27 сут нормального твердения пропаренный бетон практически достигал прочности бетона

нормального твердения. Это свидетельство того, что разработанные составы не подвержены сильному влиянию деструктивных процессов при тепловой обработке и

не обнаруживают существенного недобора прочности в сравнении с нормально твердеющим бетоном.

Пропаривание бетона в течение 72 ч позволило получить прочностные показатели, незначительно превышающие показатели бетона, твердевшего 500 сут в естественно-воздушных условиях при колебаниях температуры 17–25°C. Важно отметить, что удельный расход цемента в бетоне, пропаренном в течение 72 ч, равный 3,2–3,5 кг/МПа, был значительно ниже, чем удельный расход композиционного вяжущего ($KB_{R}^{вд}=4,41–6,09$ кг/МПа) в сверхвысокопрочном РПБ, разработанном немецкими учеными [6].

Проведенный эксперимент позволил выявить возможности повышения прочности при длительной тепловой обработке ПАМБ без присутствия высоко-реакционно-активной пуццоланической добавки – микрокремнезема. Заменителем его в пропаренном бетоне может быть и тонкомолотый кварцевый песок, если не требуется получения сверхвысокой прочности бетона.

Естественно, что длительная температурная обработка является очень энергоемкой. Она будет перспективна в будущем при использовании возобновляемых источников энергии – солнечной, ветроэнергетики, энергии волн, энергии приливов и отливов. В настоящее время реально использовать автоклавирование в течение 10–18 ч при 191°C и давлении водяного пара 1,2 МПа. Повышение показателей прочности при этом может быть более значительным. Известно, что в условиях высокой температуры и повышенного давления водяного пара молотый кварцевый песок полностью связывается с $Ca(OH)_2$ и превращается в низкоосновные гидросиликаты.

Таким образом, можно прогнозировать, что дальнейшее развитие порошково-активированного бетона будет связано с автоклавированием при высокой температуре и давлении водяного пара, с последующим перепуском пара и сухим прогревом изделий.

Ключевые слова: высокопрочный бетон, микротехнология, микронанотехнология, порошковая активация, качественные критерии, тепловая обработка.

Список литературы

1. *Burg R.G., Ost B.W.* Engineering properties of commercially available high-strength concretes // Portland cement association. Bulletin RDYD 4 TS. 1992. № 1914. Pp. 56.
2. Мировая премьера в Австрии – арочный разводной мост из высокопрочного фибробетона // СРІ. Международное бетонное производство. 2011. № 1. С. 132–134.
3. *Ибук Х.* Буровая коронка из сверхвысокопрочного бетона // СРІ. Международное бетонное производство. 2012. № 3. С. 28–30.
4. *Калашиков В.И.* Бетоны старого и нового поколений. Состояние и перспективы // Наука: 21 век. 2012. № 1. С. 60–74.
5. *Калашиков В.И.* Бетоны: макро, микро- и пикомасштабные сырьевые компоненты. Реальные нанотехнологии бетонов: Сб. докладов конф. «Дни современного бетона. От теории к практике». Запорожье, 2012. С. 42–46.
6. *Schmidt M.* Ultra-Hochfester Beton: Perspektive für die Betonfertigteileindustrie. / M. Schmidt, E. Fehling, Th. Teichmann, K. Bunje, R. Bornemann // Betonwerk+Fertigteile-Technik. 2003. № 3. Pp. 16–29.

Н.Н. ЧЕРНОУСОВ, Р.Н. ЧЕРНОУСОВ, кандидаты техн. наук,
А.В. СУХАНОВ, инженер, Липецкий государственный технический университет

Моделирование прочностных и деформативных свойств мелкозернистого цементно-песчаного бетона при осевом растяжении и сжатии

В настоящее время нашел широкое применение композиционный материал в виде дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов стальной фиброй. Например, в производстве изделий и конструкций дорожного назначения используется сталефибробетон (СФБ), бетонная матрица в котором представляет собой мелкозернистый цементно-песчаный бетон [1].

В связи с тем, что работа СФБ конструкций, для изготовления которых применяют мелкозернистый бетон, зависит от прочностных и деформативных свойств матрицы, возникла необходимость провести исследования с целью выявить применимость известных зависимостей для описания работы МЗБ при осевом растяжении и сжатии [2, 3].

Для дальнейшей разработки автоматизированных программ проектирования оптимального состава сталефибробетонных смесей и программ расчета риска возникновения трещин в конструкциях из СФБ проводили исследования прочностных и деформативных свойств МЗБ при осевом растяжении на опытных образцах в виде восьмерок толщиной 40 мм, которые испытывали в специально разработанном устройстве, позволяющем определять модуль упругости при растяжении и осуществлять квазистатическое нагружение. Опытные образцы и экспериментальная установка приведены на рис. 1–3.

Для испытания образцов изготавливали четыре серии по три образца в каждой, в которых варьировали отношение цемента к песку: 1:1; 1:1,5; 1:2; 1:3. Для изготовления образцов использовали цемент марки ПЦ-500 Д0 Липецкого цементного завода и кварцевый песок

с модулем крупности $M_{кр} = 1,9–2,1$ Стебаевского карьера. Водоцементное отношение составляло 0,4–0,5.

Во время проведения испытания с помощью динамометрического кольца определяли усилия, действующие на образец, а с помощью индикаторов часового типа с ценой деления 0,001 мм измеряли деформации бетона на базе 12 мм. После разрыва образца производили испытания на сжатие его фрагментов в прессе ИП-100.

Результаты испытаний опытных образцов на осевое растяжение и сжатие приведены в табл. 1.

Известна формула, связывающая предел прочности бетона при растяжении (R_{br}) с прочностью при сжатии (R_m):

$$R_{br} = 0,5\sqrt{R_m^2}. \quad (1)$$

Из опытов установлено, что прочность при осевом растяжении составляет приблизительно 0,05–0,1 прочности при сжатии. Опытные и полученные по формуле (1) зависимости прочности при растяжении $R_{br}^{(o)}$ от прочности при сжатии R_m приведены на рис. 4.

В результате обработки опытных данных получена зависимость:

$$R_{br} = 0,3\sqrt[3]{R_m^2}, \quad (2)$$

которая позволяет определять прочность МЗБ при растяжении с прочностью при сжатии. Отклонения опытных значений от расчетных, вычисленных по формулам (1) и (2), приведены в табл. 1, из которой видно, что прочность при растяжении, определяемая по формуле (2), лучше согласуется с опытными данными.

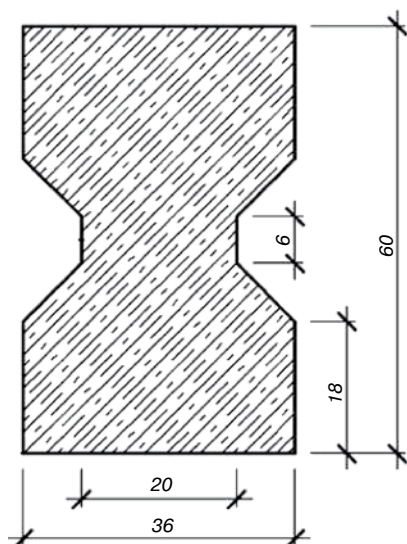


Рис. 1. Опытный образец

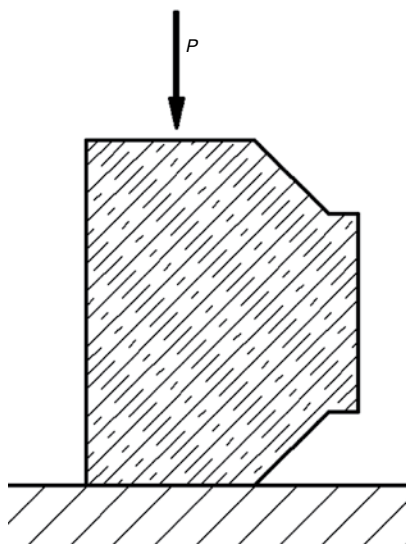


Рис. 2. Схема испытания на сжатие фрагмента образца

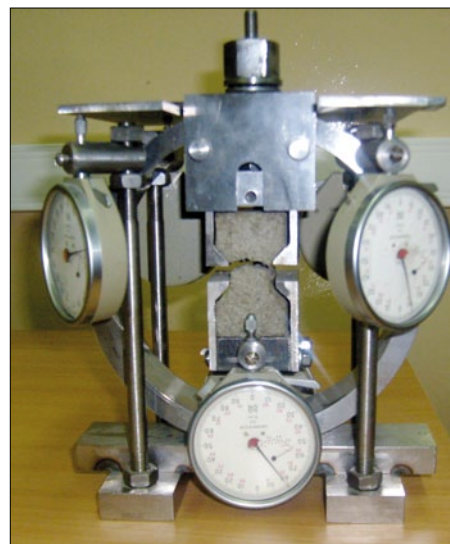


Рис. 3. Экспериментальная установка

Таблица 1

№ серии	Ц/П	Прочность МЗБ, МПа				Отклонение опытных значений $R_{bt}^{(o)}$ от расчетных	
		Опытные значения средней прочности		Расчетные значения прочности при осевом растяжении, R_{bt}			
		при сжатии, R_m	при осевом растяжении, $R_{bt}^{(o)}$	по формуле (1), $R_{bt}^{(1)}$	по формуле (2), $R_{bt}^{(2)}$	$\frac{R_{bt}^{(1)}}{R_{bt}^{(o)}}$	$\frac{R_{bt}^{(2)}}{R_{bt}^{(o)}}$
1	1:1	21,67	2,89	3,87	2,32	1,33	0,8
		26,72		4,45	2,67	1,54	0,92
	1:1	18,39	1,89	3,47	2,08	1,83	1,09
		22,58		3,98	2,39	2,1	1,26
	1:1	23,75	2,64	4,12	2,47	1,56	0,93
		26,24		4,4	2,64	1,67	1
2	1:1,5	12,59	1,84	2,7	1,62	1,46	0,87
		18,43		3,48	2,08	1,88	1,13
	1:1,5	12,82	1,59	2,73	1,64	1,72	1,03
		12,46		2,68	1,6	1,69	1,01
	1:1,5	14,43	1,68	2,95	1,77	1,76	1,05
		17,57		3,37	2,02	2,01	1,2
3	1:2	8,5	1,41	2,07	1,24	1,47	0,88
		8,74		2,11	1,27	1,5	0,9
	1:2	12,47	1,5	2,68	1,61	1,78	1,07
		14,52		2,97	1,78	1,98	1,18
	1:2	12,47	1,54	2,68	1,61	1,74	1,04
		13,78		2,86	1,72	1,86	1,11
4	1:3	9,86	0,95	2,29	1,37	2,41	1,44
		7		1,82	1,09	1,92	1,15
	1:3	4,81	0,85	1,42	0,85	1,67	1,01
		8,39		2,06	1,23	2,42	1,45
	1:3	8,74	0,73	2,11	1,27	2,9	1,74
		8,18		2,02	1,21	2,77	1,66
Среднее значение:						1,87	1,12

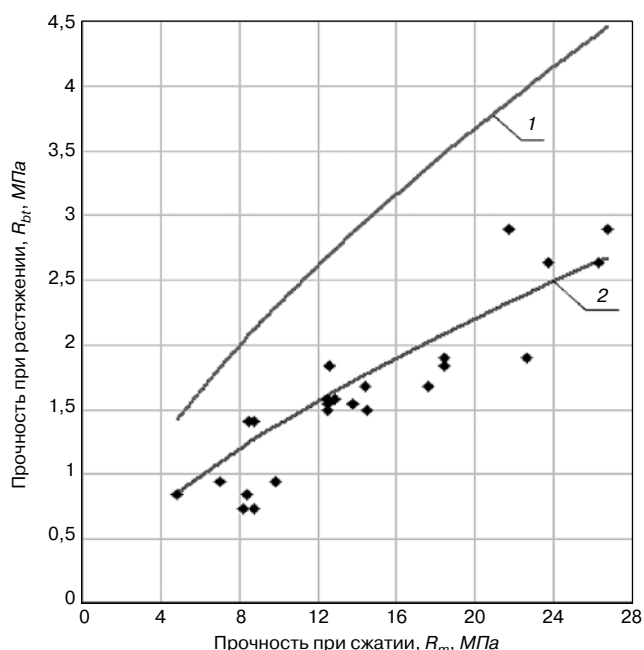


Рис. 4. Зависимость прочности при растяжении R_{bt} от прочности при сжатии R_m : 1 – по формуле (1); 2 – по формуле (2)

Результаты исследования деформативных свойств при испытаниях опытных образцов на растяжение приведены на рис. 5.

По результатам обработки опытных данных построены зависимости σ_{bt}/R_{bt} от ϵ_{bt} для каждой из серий испытаний (рис. 6).

Одним из известных аналитических выражений, устанавливающих связь между напряжениями и деформациями бетона, является формула Саржина [2]:

$$\frac{\sigma_{bt}}{R_{bt}} = \frac{k \left(\frac{\epsilon_{bt}}{\epsilon_{btR}} \right) - \left(\frac{\epsilon_{bt}}{\epsilon_{btR}} \right)^2}{1 + (k-2) \frac{\epsilon_{bt}}{\epsilon_{btR}}}, \quad (3)$$

где σ_{bt} , R_{bt} – соответственно текущее значение напряжения и предел кратковременной прочности бетона при осевом растяжении, МПа; ϵ_{bt} , ϵ_{btR} – соответственно текущее значение относительной деформации и значение относительной деформации, соответствующее пределу кратковременной прочности R_{bt} ; k – коэффициент, характеризующий кривизну диаграммы (упругость бетона), $k=1/\lambda_R$ ($\lambda_R = R_{bt}/(E_{bt}^0 \epsilon_{btR})$) – коэффициент упругости бетона.

Другой вариант представления диаграммы зависимости σ_{bt}/R_{bt} от ϵ_{bt} для мелкозернистых бетонов можно вывести из предложений Н.И. Карпенко [3] о построении диаграмм напряжение–деформация с использованием коэффициента изменения секущего модуля, определяемого из условия:

$$v_{bt} = \hat{v}_{bt} + (v_0 - \hat{v}_{bt}) \sqrt{1 - \omega_1 \eta - \omega_2 \eta^2}, \quad (4)$$

где \hat{v}_{bt} – значение коэффициента изменения секущего модуля ($v_b(1 \geq v_{bt} \geq 0)$) в вершине диаграммы

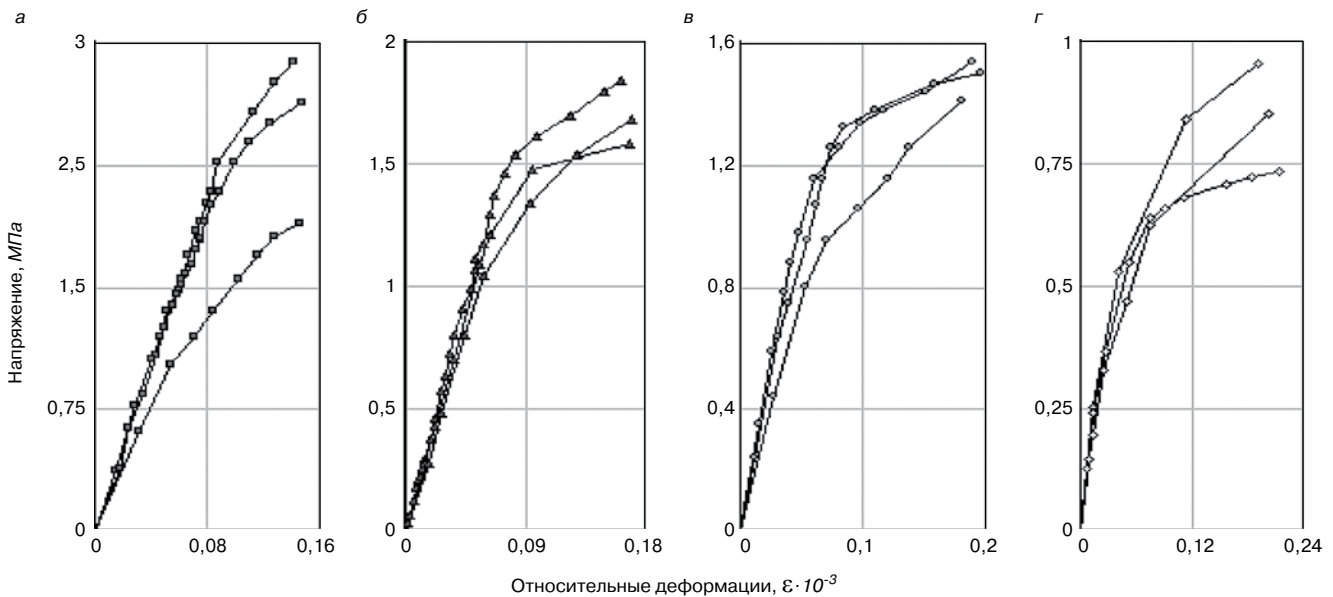


Рис. 5. Эмпирические зависимости напряжение–деформация: а – 1-я серия; б – 2-я серия; в – 3-я серия; г – 4-я серия

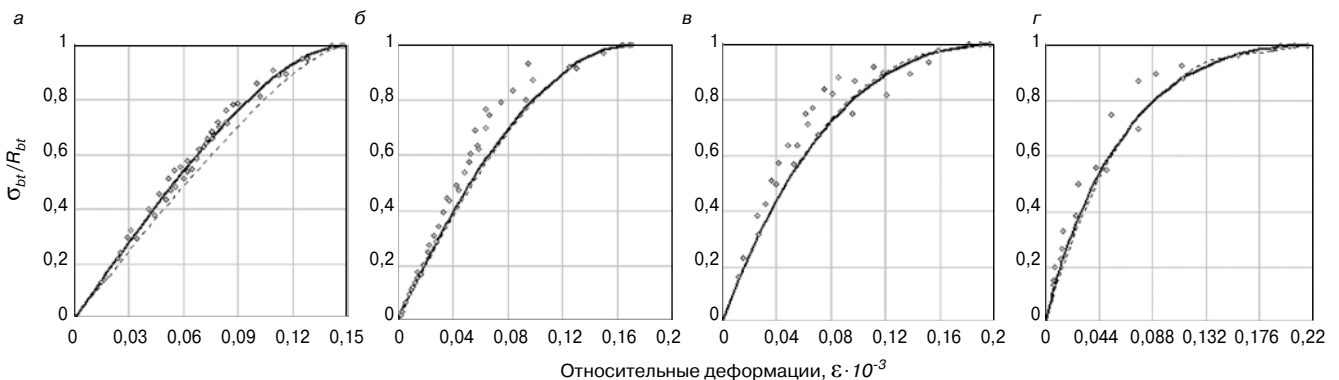


Рис. 6. Зависимости σ_{bt}/R_{bt} от ϵ_{bt} , вычисленные по формулам Саржина (сплошная линия) и Карпенко (штриховая линия): а – 1-я серия; б – 2-я серия; в – 3-я серия; г – 4-я серия

Таблица 2

Серия испытаний	Достоверность аппроксимаций (R^2)			
	1	2	3	4
По формуле (3)	0,99173	0,95006	0,91251	0,96422
По формуле (6)	0,94577	0,94687	0,90744	0,9454

($\hat{\nu}_{bt} = \hat{\sigma}_{bt} / (\hat{\epsilon}_{bt} E_{bt}^0)$, $\hat{\sigma}_{bt} = R_{bt}$); η – уровень напряжений ($\eta = \sigma_{bt} / \hat{\sigma}_{bt}$, $0 \leq \eta \leq 1$); ν_0 – значение коэффициента в начале диаграммы ($\nu_0 = 1$); ω_1, ω_2 – параметры кривизны диаграммы ($\omega_1 = 2 - 2,5\hat{\nu}_{bt}$, $\omega_2 = 1 - \omega_1$).

Секущий модуль упругости бетона при любом значении напряжения определяется по формуле:

$$E_{bt} = \frac{\sigma_{bt}}{\epsilon_{bt}} = \nu_{bt} E_{bt}^0 \quad (5)$$

Здесь E_{bt}^0 – начальное значение модуля упругости бетона при растяжении.

Получив из (5) выражение для σ_{bt}/R_{bt} , можно построить диаграмму зависимости σ_{bt}/R_{bt} от ϵ_{bt} :

$$\frac{\sigma_{bt}}{R_{bt}} = \frac{\nu_{bt} E_{bt}^0 \epsilon_{bt}}{R_{bt}} \quad (6)$$

С целью определения наиболее оптимального варианта зависимости σ_{bt}/R_{bt} от ϵ_{bt} для построения модели работы МЗБ при растяжении были проанализированы

экспериментальные данные, представленные на рис. 5. На рис. 6 показаны графические зависимости σ_{bt}/R_{bt} от ϵ_{bt} , вычисленные по формулам Саржина (3) и Карпенко (6) для разных серий испытанного бетона.

Значения достоверности аппроксимаций, предложенных Саржиным и Карпенко, приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, для построения модели работы МЗБ при растяжении применимы зависимости напряжение–деформация, определяемые по формулам (3) или (6).

Ключевые слова: мелкозернистый песчаный бетон, модуль упругости, осевое растяжение и сжатие, аналитические зависимости.

Список литературы

1. Бабков В.В., Недосеко И.В., Дистанов Р.Ш., Излев М.А., Федотов Ю.Д., Струговец И.Б., Латыпов М.М. Сталефибробетон в производстве изделий и конструкций дорожного назначения // Строительные материалы. 2010. № 10. С. 40–45.
2. Sargin M. Stress-Strain Relationships for Concrete and the Analysis of Structural Concrete Sections. Ontario, Canada, University of Waterloo, 1971. 167 p.
3. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 412 с.

И.М. БАРАНОВ, канд. техн. наук, ООО «НТЦ ЭМИТ» (Москва)

Реологические свойства бетонной смеси для подводного бетонирования*

По сравнению с высокопрочным, самоуплотняющимся и другими специальными бетонами проектирование состава и получение качественного бетона для подводного бетонирования являются наиболее проблемной задачей, и вопросы о необходимости использования законов реологии для получения высокопластичной, не расслаивающейся и не размывающейся в текущей воде бетонной смеси здесь имеют особое значение. Ранее для публичного обсуждения была опубликована методика и предложен прибор – статический вискозиметр для определения реологических характеристик высокопластичных бетонных смесей [1].

В данной работе представлены результаты исследований, проведенных с использованием упомянутой выше методики. Целью работы являлась практическая отработка этой методики с определением реологических характеристик текучих самоуплотняющихся бетонных смесей, предназначенных для проведения подводных работ, а также назначение требуемых реологических характеристик, которые обеспечивали бы получение бетона необходимого качества с требуемыми

физико-механическими свойствами. При выполнении работы использовали вариант статического вискозиметра с высотой трубы 100 см и объемом загружаемой бетонной смеси 1,66 л.

В процессе выполнения работ по установлению рабочего состава не размывающейся в текущей воде бетонной смеси разрабатывали и использовали приведенные ниже общие принципы и условия получения бетона для подводного бетонирования. Разработка этих принципов производилась путем анализа последних результатов работ, накопленных в этой области, в том числе за рубежом [2–3], которые содержат следующие условия:

1. Бетонная смесь должна готовиться с применением следующих специальных добавок:

- стабилизатора – для повышения предела текучести и пластической вязкости;
- гиперпластификатора для повышения текучести смеси и снижения ее водовяжущего отношения;
- полимерного связующего для повышения липкости смеси, адгезии и эластичности бетона.

Таблица 1

Компоненты бетонной смеси	Расход компонентов смеси в опытных составах и результаты их испытаний						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
Расход воды, включающий воду гиперпластификаторов и стабилизатора, л	3,25	3,21	3,33	3,21	3,21	2,87	3,38
Гиперпластификаторы PowerFlow 2695 / PowerFlow 1180, г	106/46	106/46	106/46	106/46	106/46	106/46	106/46
Песок кварцевый фракции 0,4–0,8, кг	11,255	11,255	11,255	11,255	11,255	11,255	11,255
Цемент ПЦ 500-Д0, кг	8,462	8,462	8,462	8,462	8,462	8,462	8,462
Каменная мука, кг	2,537	2,537	2,537	2,537	2,537	2,537	2,537
Микрокремнезем, кг	1,692	1,692	1,692	1,692	1,692	1,692	1,692
Стабилизатор, гель кремниевой кислоты, кг / мас. %	0,221/2,7	0,423/5	0,592/7	0,592/7	0,221/2,7	0,423/5	0,423/2,7
Акриловый сополимер, г	42	42	42	42	42	42	42
Водовяжущее отношение	0,256	0,253	0,262	0,253	0,253	0,227	0,266
Наименование реологических характеристик							
Время выливания смеси из трубы, с, t	16	15	15	12	15	15	9
Высота столба смеси, вылившейся из трубы, см, $h_{см}^{ввл}$	97	91	93	93	97	90	97,5
Объем вылившейся из трубы смеси, см ³ , $V_{см}^{ввл}$	1611	1511	1545	1545	1611	1495	1620
Объемная масса бетонной смеси, г/см ³ , $\gamma_{см}$	2204	2183	2111	2058	2214	2107	2171
Высота столба смеси, оставшейся в трубе, см, $h_{см}^{ост}$	3	9	7	7	3	10	2,5
Площадь внутреннего сечения трубы, см ² , $S_{тр}$	16,61	16,61	16,61	16,61	16,61	16,61	16,61
Диаметр расплыва, см, $\varnothing^{рас}$	58	33	36	32	44	29	47
Диаметр расплыва смеси на встряхивающем столике, см	30,5	15	16,5	16,5	23	13,5	27
Прочность при сжатии образцов, твердевших в к.н.т., МПа:							
– 3 сут	46	35	37	42	47	49	46
– 7 сут	62	51	46	56,8	54	58	53
– 28 сут	96	77	81	93	89	95	80

* Экспериментальные работы выполнены инженерами Г.А. Булгаковой и В.Ю. Яшкиным, ООО «НТЦ ЭМИТ», при активном участии канд. техн. наук И.Н. Горожанкина и инж. Д.В. Горбаша, ООО ПКП «Трауф» (Москва).

Таблица 2

Наименование реологических характеристик	Расчетные выражения	Единицы определяемых значений	Номера опытных составов и результаты их испытаний									
			1	2	3	4	5	6	7			
Наименование показателей и формулы для вычисления расчетных значений реологических характеристик												
Градиент скорости деформирования	$\frac{\Delta F_{CM}^{ввкл}}{h_{CM}} = \frac{V_{CM}^{ввкл} / t_{CM}^{ввкл}}{h_{CM}}$	МПа/с СМ	1,04	1,11	1,11	1,39	1,11	1,11	1,11	1,11	1,85	
$V_{CM}^{ввкл}$ – объем смеси, вылившейся из трубы, $V_{CM}^{ввкл} = h_{CM}^{ввкл} \cdot S_{тр}$ $t_{CM}^{ввкл}$ – время вытекания смеси из трубы $h_{CM}^{ввкл}$ – высота столба смеси, вылившейся из трубы $S_{тр}$ – площадь внутреннего сечения трубы		мл (см ³) с см см ²	1611 16 97 16,61	1511 15 91 16,61	1545 15 93 16,61	1545 12 93 16,61	1611 15 97 16,61	1495 15 90 16,61	1620 9 97,5 16,61			
Предельное сопротивление сдвига	$\tau_0 = \gamma_{CM}^{ост} \cdot h_{CM}^{ост}$	г/см ²	6672	19647	14777	14406	6642	21070	5428			
$\gamma_{CM}^{ост}$ – объемная масса смеси; $h_{CM}^{ост}$ – высота столба смеси, оставшейся в трубе		г/см ³ СМ	2204 3	2183 9	2111 7	2058 7	2214 3	2107 10	2171 2,5			
Структурная вязкость/расход стабилизатора, %	$\eta = \gamma_{CM}^{ост} \cdot h_{CM}^{ост} \cdot t_{CM}^{ввкл}$	г·с / СМ ² / %	106752/2,7	294705/5	221655/7	172872/7	99630/2,7	316050/5	48848/2,7			
γ_{CM} – объемная масса смеси $h_{CM}^{ост}$ – высота столба смеси, оставшейся в трубе $t_{CM}^{ввкл}$ – время вытекания смеси из трубы		г/СМ ³ СМ с	2204 3 16	2183 9 15	2111 7 15	2058 7 12	2214 3 15	2107 10 15	2171 2,5 9			
Текучесть	$T = \frac{\varnothing_{рас}}{S_{тр} \cdot h_{CM}^{ввкл}}$	см/мл	0,031	0,022	0,024	0,021	0,028	0,02	0,029			
$S_{тр}$ – площадь внутреннего сечения трубы $h_{CM}^{ввкл}$ – высота столба смеси, вылившейся из трубы $\varnothing_{рас}$ – средний диаметр расплава смеси		см ² СМ СМ	16,61 97 50	16,61 91 33	16,61 93 36	16,61 93 32	16,61 97 44	16,61 90 29	16,61 97,5 47			
Растекаемость												
Результаты испытаний по стандартной методике ГОСТ 310.4–81* (без встряхиваний)		СМ	30,5	15	16,5	16,5	23	13,5	27			
В/Ц – водоцементное отношение		–	0,38	0,38	0,39	0,38	0,38	0,34	0,4			
Примечание. ■ – max значения; ■ – min значения; ■ – выражения, ранее напечатанные в работе [1], здесь приведены в уточненном варианте.												

Таблица 3

динамическом воздействии на смесь		Реологические характеристики, определяемые при статическом течении смеси под собственным весом					Требуемые значения реологических и прочностных характеристик для мелкозернистого бетона подводного бетонирования	Влияние технологических факторов бетонных смесей на обеспечение требуемых значений их реологических характеристик и прочности бетона
		Наименование	Обозначение	Наименование и определение	Определяемые выражения	Расчетные выражения		
Градиент скорости деформирования	$\frac{dF}{dh}$	Отношение средней скорости выливания смеси из трубы к высоте столба смеси, вылившейся из трубы	$\frac{\Delta F_{CM}^{ВЫЛ}}{\Delta h_{CM}^{ВЫЛ}}$	$\frac{V_{CM}^{ВЫЛ} / I_{ВЫЛ}}{h_{CM}^{ВЫЛ}}$		мл/с	–	
Предел текучести	τ_0	Предельное сопротивление сдвига	$\tau_0 = \frac{\gamma_{CM} \cdot V_{CM}^{ОСТ}}{S_{тр}}$	$\gamma_{CM} \cdot h_{CM}^{ОСТ}$		г/см ²	в/вяж	
Эффективная динамическая вязкость	η	Структурная вязкость	$\eta = \frac{\tau - \tau_0}{dh}$	$\gamma_{CM} \cdot h_{CM}^{ОСТ} \cdot I_{ВЫЛ}$		$\frac{\Gamma \cdot C}{CM^2}$	Свойства и расход	
			$= \frac{\tau_0 \cdot dh}{h_{CM}^{ВЫЛ} / I_{ВЫЛ}}$					в/вяж
Текучность	T	Отношение диаметра расплыва к объему вылившейся из трубы смеси	$\frac{\varnothing_{рас}}{V_{CM}^{рас}}$	$\frac{\varnothing_{рас}}{S_{тр} \cdot h_{CM}^{ВЫЛ}}$		см/мл	Свойства и расход	
Внутренняя связность (размываемость в воде)	C	Размываемость смеси в текущей воде до затвердевания, мас. %	Δm	$\frac{m_0 - m}{m} \cdot 100$		%	В меньшей степени в/вяж	
								Свойства и расход
Требуемая прочность бетона, $R_{жк}$, МПа							>50	Свойства и расход

Обозначения: γ_{CM} – объемная масса бетонной смеси, г/см³ (мл); $h_{CM}^{ВЫЛ}$ – высота столба смеси, вылившейся из трубы, см; $h_{CM}^{ОСТ}$ – высота столба смеси, оставшейся в трубе, см; $I_{ВЫЛ}$ – объем смеси, вылившейся из трубы, см³; $I_{ОСТ}$ – объем смеси, оставшейся в трубе, см³; h – высота трубы, $h=100$ см; $S_{тр}$ – площадь внутреннего сечения трубы, равная 78,5 см²; V_{CM} – объем смеси в трубе, равный 1,66 л; $I_{ВЫЛ}$ – время выливания смеси из трубы, с.; $F_{CM}^{ВЫЛ}$ – средняя скорость выливания смеси из трубы, мл/с; $\varnothing_{рас}$ – средний диаметр расплыва смеси, испытываемой на размываемость в текущей воде.

Примечание. \square – выражения, ранее напечатанные в работе [1], здесь приведены в уточненном варианте.

2. В комплексе стабилизатор–гиперпластификатор должны применяться высокие дозировки этих компонентов для получения высокопрочного подводного бетона из смеси с относительно низким значением предела текучести и вязкостью от умеренных до высоких ее значений для придания твердеющему бетону высокого сопротивления вымыванию.

3. Бетонная смесь будет устойчива к вымыванию в текучей воде, если ее вязкость будет достаточно высока. Эффект разжижения при этом должен обеспечиваться:

- водосодержанием;
- дозировкой гиперпластификатора;
- свойствами и дозировкой стабилизатора.

4. Обеспечение высокого сопротивления бетона вымыванию, связанного со взаимозависимым влиянием следующих факторов:

- содержания цемента;
- водоцементного отношения;
- концентрации гиперпластификатора и стабилизатора.

Повышению сопротивления бетона вымыванию может способствовать:

- замена части цемента на микрокремнезем и тонкомолотую минеральную добавку;
- повышение дозировки стабилизатора.

Все это способствует улучшению стабильности залитого бетона, в том числе устойчивости его к размыванию. Бетонная смесь, содержащая стабилизатор, может быстро разжижаться, при этом кажущаяся вязкость не должна уменьшать ее текучести, которая зависит от:

- концентрации стабилизатора;
- содержания цемента;
- водоцементного отношения (В/Ц);
- дозировки гиперпластификатора.

Кроме того, поставленную в работе цель достигали путем решения комплекса задач, которые были изложены в работе [4]. Затем при установлении рационального бетона по содержанию заполнителя использовали практическую методику определения рациональных составов специальных бетонов [5]. Далее приготовленную по разработанному составу смесь испытывали на статическом вискозиметре [1], где регистрировали значения следующих ее характеристик:

- время вытекания смеси из трубы вискозиметра, с – t ;
- высота столба смеси, вытекшей из трубы, см – $h_{см}^{выл}$;
- высота столба смеси, оставшейся в трубе, см – $h_{см}^{ост}$;
- объемная масса бетонной смеси, $г/см^3$ – $\gamma_{см}$;
- диаметр расплыва смеси, см – $\varnothing_{рас}$.

Полученные результаты испытаний опытных составов, которые приведены в табл. 1, использовали для вычисления следующих реологических характеристик бетонной смеси:

- градиент скорости деформирования;
- предельное сопротивление сдвига;
- структурная вязкость;
- текучесть.

Вычисления реологических характеристик производили по формулам табл. 2. Там же представлены и результаты всех испытаний.

При планировании экспериментов предполагалось, что во всех семи составах расход цемента, гиперпластификатора и других компонентов, кроме воды и стабилизатора, будет постоянным. Анализ полученных результатов показывает, что в нашем случае для обеспечения необходимой внутренней связанности смеси, обеспечивающей ее неразмываемость, подходят больше всего составы 2 и 6 с расходом стабилизатора 5% и водовязущим отношением 0,34–0,38. Бетонная смесь данных составов имеет достаточно высокую структурную вязкость при хорошей текучести. По результатам проведенных испытаний были определены требуемые значения реологических характеристик, которые могут гарантировать обеспечение всех необходимых свойств бетонов для подводного бетонирования (см. табл. 3). В этой же таблице содержатся сведения и о степени влияния основных технологических факторов бетонных смесей на обеспечение требуемых значений их реологических характеристик.

Конечно же, приведенные в табл. 3 оптимальные значения реологических характеристик смеси для подводного бетонирования являются лишь частным случаем, относящимся к составу смеси из конкретно выбранных в примере компонентов. Если же эти значения потребуются улучшать, то надо будет менять условия задачи, т. е. менять компоненты, их содержание, технологию приготовления смеси и при этом учитывать, как это показано в табл. 3, взаимовлияние технологических факторов на параметры их реологических характеристик.

В заключение следует сказать, что, используя предлагаемую методику, можно не только классифицировать бетонные смеси специальных бетонов, но и улучшать их реологию, внутреннюю связанность, однородность и добиваться получения более плотной структуры бетона с более высокой прочностью.

Ключевые слова: реология, специальные бетоны, подводное бетонирование.

Список литературы

1. Баранов И.М. Проблемные вопросы технологии получения высококачественных специальных бетонов // Строительные материалы. 2013. № 7. С. 31–32.
2. Tsai W.P., Chen H.J., Peng H.S., Huand C.H. Research on the engineering properties of self – compacting concrete. // Сб. Всероссийской международной конференции «Бетон и железобетон – пути развития». Т. 3. 2005. С. 192–197.
3. Zandy Youaef. Effect of mixture composition on washout resistance of highly flowable underwater concrete // Сб. Всероссийской международной конференции «Бетон и железобетон – пути развития». Т. 6. 2005. С. 121–132.
4. Баранов И.М. Инновационные материалы для строительства и ремонта мостов // Строительные материалы. 2013. № 3. С. 82–86.
5. Баранов И.М. Практическая методика определения рациональных составов специальных бетонов // Строительные материалы. 2012. № 6. С. 87–93.

ООО «НТЦ ЭМИТ»

Разработка и внедрение эффективных материалов, изделий, технологий

Генеральный директор *Баранов Иван Митрофанович*

(495) 351-96-73 E-mail: emitpb@mail.ru

15-я Специализированная выставка
строительных материалов

ОСМ 2014



28 – 31 января
Москва, ЦВК «Экспоцентр»

В РАМКАХ ВЫСТАВКИ:

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ПРОЕКТ
**ДРЕВЕСИНА
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

CERAMATECH

САЛОН СТАНКОВ, ОБОРУДОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЙ И СЫРЬЯ
ДЛЯ ИНДУСТРИИ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Электронный пригласительный билет
на www.osmexpo.ru



ОРГАНИЗАТОР:

ЕВРОЭКСПО

Тел.: +7 (495) 925 65 61/62
E-mail: osm@osmexpo.ru

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР:



ОФИЦИАЛЬНЫЙ СПОНСОР:



СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР:



ПАРТНЕРЫ ВЫСТАВКИ:



ПРИ СОДЕЙСТВИИ:

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:



ОФИЦИАЛЬНЫЙ
ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:



ВЕДУЩИЙ
ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:



АНАЛИТИЧЕСКИЙ
ПАРТНЕР:



ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:



Расширение возможностей сборного железобетона

Существует мнение, что здания и сооружения, построенные из железобетона, имеют ограничения для реализации архитектурных решений. Компания «Нордимпианти» (Италия), отличающаяся гибкостью в решении задач, поставленных клиентами, совместно с заводом «Бетон Комплекс» (Промышленно-строительная группа «Ковальская», Киев, Украина), решили развенчать существующее мнение об ограниченном использовании железобетонных изделий.

nordimpianti



Первым шагом на пути предоставления конечным потребителям нестандартных решений из железобетона стала поставка машины для распиловки готовых изделий под различными углами в 2012 г. при монтаже линии производства пустотных плит на заводе «Бетон Комплекс» (Киев). Данная машина позволяет с успехом решать задачу производства изделий, геометрия которых отличается от геометрии плиты в виде стандартного прямоугольника. Машина имеет возможность установить любой угол поворота режущего диска $-90 < \alpha < +90$ град и получить плиту с одним или двумя «косыми торцами».

При необходимости диск машины можно установить в положение 0 град (параллельно продольной оси станков) и после резки получить плиту с шириной, отличающейся от 1200 мм (стандартная ширина изделий). Таким образом, завод «Бетон Комплекс» уже при запуске новой линии производства пустотных плит имел в своем арсенале машину, позволяющую производить наиболее выгодную раскладку плит перекрытий для оптимальной планировки зданий и сооружений.

Одним из сдерживающих факторов массового выпуска изделий с шириной, отличающейся от стандартной, при использовании машины для распиловки готовых изделий под различными углами является высокий износ режущего инструмента при резке изделий, набравших прочность. Для отпуски предварительного напряжения изделие должно иметь прочность не менее 30 МПа, а проектный класс бетона в плитах, которые производит завод «Бетон Комплекс» с помощью машин компании «Нордимпианти», достигает уровня В40–В50 (600–650 МПа в возрасте 28 сут). Поэтому была поставлена задача найти экономически и технологически более выгодное решение, которое позволило бы снизить себестоимость изделий нестандартной ширины.

Решение поставленной задачи было найдено специалистами обеих компаний, и следующим шагом в ответ на возросшие требования рынка в изделиях произведенных безопалубочным методом, но нестандартной ширины, стало приобретение пилы для резки изделий по свежему бетону.

Данная машина является идеальным инструментом, позволяющим обеспечить выпуск большого количества изделий шириной менее 1200 мм и обладает рядом неоспоримых преимуществ:

- поскольку резка осуществляется непосредственно после формовки изделия экструдером, нагрузка на режущий диск невысока и, как следствие, износ диска невелик. Это позволяет использовать новые диски в несколько раз дольше, чем при резке изделий, которые уже набрали прочность, а также дает возможность использовать диски, которые уже отработали свой ресурс, как диски для готовых изделий, но имеют достаточную жесткость и прочность для резки сырого бетона;
- нагрузка на двигатель при резке свежееуложенного бетона в несколько раз меньше, чем нагрузка на двигатель при резке бетона, который уже набрал прочность, т. е. наблюдается значительное снижение потребления электроэнергии при выпуске таких изделий;
- при резке свежееуложенного бетона не используется вода для охлаждения диска, что позволяет снизить количество воды, подвергающейся очистке и имеет огромное значение в условиях большого города и ограниченности природных ресурсов;
- утилизация остатков бетона, которые образуются как отход от резки изделия стандартной ширины, очень проста: свежееуложенный бетон убирается и повторно применяется как бетон для изделий с более низким классом проектной прочности или подается в систему рециклинга, где разделяется на фракции и повторно используется в производстве.

В итоге приобретение и ввод в эксплуатацию машины для резки изделий по свежему бетону позволило значительно упростить, удешевить и ускорить процесс производства изделий нестандартной ширины, или, как их называют строители и проектировщики, доборных плит. По словам главного инженера завода «Бетон Комплекс» В.Ю. Лобанова, в настоящее время доля плит с нестандартной шириной составляет 15–25% от общего количества производимой пустотной плиты. Поэтому решение приобрести машину продольной резки плит по свежееуложенному бетону не было основано на желании просто увеличить парк производственных машин, а вызвано острой производственной необходимостью. Таким образом, «Бетон Комплекс» укрепил свои позиции как предприятие, которое может предоставить конечному потребителю любое архитектурное решение в сборном железобетоне.

В настоящее время компания «Нордимпианти» ведет активную разработку предстоящего выпуска новых формующих вставок и комплектов дополнительного оборудования для них. Это позволит производить изделия нестандартной ширины на станках шириной 1200 мм. Такое решение позволит производить плиты без отходов бетона, что скажется на себестоимости готовой продукции и темпах ее производства.





Why Nordimpianti

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

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

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

Экструдер и Слипформер

САМЫЕ ЛУЧШИЕ ФОРМОВОЧНЫЕ УСТАНОВКИ



Пополнение в «семье» КНАУФ:

на предприятии «КНАУФ ГИПС Новомосковск» открыто новое производство сухих строительных смесей на гипсовой основе

18 сентября 2013 г. руководство Группы «КНАУФ» пригласило партнеров на предприятие «КНАУФ ГИПС Новомосковск» (Тульская обл.) для участия в торжественной церемонии запуска производства сухих строительных смесей на гипсовой основе. В числе почетных гостей были губернатор Тульской области В.С. Груздев, управляющий Группы «КНАУФ СНГ» Я. Краулис, глава администрации муниципального образования города Новомосковска В.А. Жерздев.

Мы с коллегами-журналистами постоянно посещали предприятие «КНАУФ ГИПС Новомосковск» с первых лет после его приобретения компанией «КНАУФ» и, проезжая в этот раз по поселку гипсового завода, не могли не отметить, как он изменился за последние годы. Не узнать стадион с изумрудным футбольным полем и лаково блестящими новыми трибунами. Часть площади перед недавно отремонтированной школой отгорожена декоративными бетонными вазонами с не по-осеннему яркими цветами – так безопаснее для ребят. Еще совсем недавно за школой начинался захлащенный пустырь, а сейчас нашему взору открывается новенький сквер с опрятными дорожками, разноцветными скамейками, детскими площадками. Даже улица, по которой мы подъезжаем к заводу, наглядно демонстрирует динамичное стабильное развитие градообразующего предприятия – все приведено в порядок, отремонтировано, покрашено, прибрано.

На заводе понимаешь – обещание превратить новомосковское предприятие в самое крупное и высокотехнологичное в России, которое Николаус Кнауф озвучил несколько лет назад при запуске первой линии гипсокартонных листов, выполнено. Побывав на многих предприятиях промышленности строительных материалов Европы, автор этих строк может утверждать – «КНАУФ ГИПС Новомосковск» является эталоном организации производства и заводской инфраструктуры.

Как всегда, новое производство в рамках программы развития предприятия было построено в максимально сжа-

тые сроки. Символический первый камень линии сухих строительных смесей был заложен в апреле 2011 г. в день торжественного запуска линии по производству плит КНАУФ-Акустика. В проектировании и строительстве новой линии принимали участие 34 компании, из которых только 7 иностранных. Общий объем инвестиций в проект составил 1,2 млрд р., построено более 9 тыс. м² новых производственных площадей, создано 30 рабочих мест.

Проектная мощность производства сухих строительных смесей составляет 300 тыс. т в год. Для нужд нового завода используется сырье, добываемое на месте – на крупнейшем в Европе месторождении гипсового камня. После проведенной модернизации Группа «КНАУФ» превратила новомосковскую шахту в самое совершенное в мире предприятие по добыче гипсового камня.

Торжественной части открытия производства предшествовала церемония высадки молодых деревьев, которые, подрастая, станут аллеей, ведущей к производственным корпусам предприятия.

Приветствуя руководство завода, а также гостей торжества, губернатор Тульской области В.С. Груздев отметил перемены, которые произошли на предприятии с момента его приобретения компанией «КНАУФ» в 1995 г. Он подчеркнул, что Тульская область заинтересована в том, чтобы компания развивалась, чтобы здесь открывались новые производства. Особенно важно, что это новые высокотехнологичные и высокоэффективные производства, которые

стимулируют появление и развитие многих смежных отраслей промышленности. Важной характеристикой нового завода является его экологическая безопасность, полное соблюдение всех действующих норм и требований по защите окружающей среды.

Управляющий Группы «КНАУФ СНГ» Я. Краулис поблагодарил Администрацию Тульской области и Новомосковска за всестороннюю поддержку в реализации инвестиционных проектов «КНАУФ». И отдельно – строителей и других специалистов, принимавших участие в создании нового производства. Особую благодарность он выразил партнерам компании «КНАУФ» – руководителям и представителям дилерских организаций, чья деятельность и приверженность марке «КНАУФ» делает необходимым создание новых производств.

Производство сухих строительных смесей является традиционным и важным направлением деятельности международной «Группы КНАУФ». Именно с производства гипсовой штукатурки начался в Германии семейный бизнес братьев Альфонса и Карла Кнауф в 30-е гг. прошлого века. Со временем сухая штукатурная смесь КНАУФ-Ротбанд благодаря своим уникальным свойствам стала, в том числе и для российского рынка, именем нарицательным в сегменте штукатурных составов; она является, по мнению многих специалистов, эталоном гипсовой штукатурной смеси.

Помимо знаменитого Ротбанда ассортимент нового производства составят гипсовые штукатурные смеси КНАУФ-Гольдбанд, КНАУФ-МП 75 (гипсовая смесь для машинного нанесения), КНАУФ-ХП Старт, гипсовые шпаклевочные составы КНАУФ-Фуген и КНАУФ-ХП Финиш, а также клей гипсовый монтажный КНАУФ-Перлфикс.

Напомним читателям кратко новую историю ООО «КНАУФ ГИПС Новомосковск», которое в настоящее время является одним из крупнейших промышленных предприятий строительной индустрии России, основная деятельность которого добыча и переработка гипсового камня и производство на его основе современных высококачественных строительных материалов: гипсового вяжущего, КНАУФ-листов, КНАУФ-гипсоплит, звукопоглощающих плит КНАУФ-Акустика, огнестойких плит КНАУФ-Файерборд.

Предприятие ведет свою историю с 1950 г., когда на месторождении гипсового камня, являющемся, по оценкам экспертов, крупнейшим в Европе, был построен гипсовый рудник и начата промышленная добыча сырья, которая оставалась доминирующей в производственной программе до середины 1990-х гг., до приобретения предприятия международной Группой «КНАУФ».

Как рассказал генеральный директор ООО «КНАУФ ГИПС Новомосковск» А.В. Макеев, фирма «КНАУФ» проводит модернизацию существовавших ранее производств, уделяя значительное внимание не только технике и технологиям, но и социальной защите работников, вопросам экологии. С 1995 г. и по настоящее время в развитие ООО «КНАУФ ГИПС Новомосковск» было инвестировано более 6,5 млрд р.

На производственной площадке ООО «КНАУФ ГИПС Новомосковск» заново проложены инженерные сети и коммуникации, построены новые дороги, практически все здания и сооружения реконструированы.

С 2000 по 2007 г. построены два высокопроизводительных завода по выпуску КНАУФ-листов и цех по производству гипсового вяжущего, введены в эксплуатацию две линии по выпуску КНАУФ-гипсоплит для устройства межкомнатных перегородок и четыре установки по выпуску ускорителя схватывания гипсового вяжущего – неалита.



Новый облик старого здания заводу управления



Современная территория завода



Компания «КНАУФ» всегда поддерживала партнерские отношения с отраслевыми СМИ. Руководитель службы корпоративных коммуникаций Л.М. Лось (в центре) с журналистами, освещающими запуск нового производства



Возможности новой продукции завода демонстрировались гостям на импровизированной выставке



Поздравление губернатора Тульской области В.С. Груздева (в центре)



Перед началом церемонии запуска нового производства топ-менеджеры предприятия и почетные гости посадили молодые деревья на аллею, ведущей к цеху сухих строительных смесей

10 июня 2009 г. запущен в эксплуатацию новый технологический комплекс шахты, включающий подземный комплекс дробления камня, погрузочно-складское и транспортное хозяйство на поверхности, а также не имеющую аналогов в мировой гипсовой отрасли вертикальную конвейерную установку по выдаче гипсового камня с лентой Pocketlift. Производительность нового технологического комплекса 900 т гипсового камня в час. Инвестиции в этот проект составили 42 млн евро.

ООО «КНАУФ ГИПС Новомосковск» является одним из основателей и активным участником инвестиционного проекта «Промышленный комплекс города Новомосковска», в рамках государственно-частного партнерства.

В особенно сложный для строительной отрасли страны период мирового финансового кризиса конца 2000-х гг. предприятие успешно реализовало проекты по освоению новых видов продукции. В 2009 г. был произведен удобный для индивидуального строителя и домашнего мастера малоформатный гипсокартонный лист, начато производство специальной негорючей плиты КНАУФ-Файерборд, применяемой в отделке помещений с повышенными требованиями к пожарной безопасности.

В мае 2011 г. запущено в эксплуатацию производство звукопоглощающих плит КНАУФ-Акустика, которые применяются в качестве облицовки стен в зданиях, а также в конструкции подвесных потолков для улучшения акустических характеристик помещений, создания акустического комфорта.

В планах предприятия пуск в эксплуатацию в 2014 г. производства металлического профиля КНАУФ, который применяется для устройства каркасов в комплектных системах. Запланировано начало строительства завода по производству влагостойкой цементной плиты «Аквапанель», применяемой для облицовки фасадов и внутренней отделки помещений с повышенной влажностью.

Компания «КНАУФ», следуя базовым постулатам своей философии предпринимательской деятельности, в полной мере воплощает в регионе принципы социально ответственного бизнеса. На различные благотворительные проекты с 1995 по 2013 г. предприятием выделено более 120 млн р.

На торжественной церемонии открытия нового производства руководство компании «КНАУФ» вновь порадовало жителей поселка Гипсовый – директору поселковой школы был вручен сертификат на 1 млн р.

Высокие темпы развития позволяют ООО «КНАУФ ГИПС Новомосковск» на протяжении многих лет получать специальный вымпел «Лидер строительного комплекса России» и входить в число 100 лучших организаций строительного комплекса страны. Сегодня ООО «КНАУФ ГИПС Новомосковск» – это образец присущего фирме «КНАУФ» сочетания исключительной надежности и стремительного развития.

Так компания «КНАУФ» отметила 20-летие своего бизнеса в России. Пожелаем ей не снижать темпы развития в последующие годы.

Е.И. Юмашева



Производственная линия мощностью 300 тыс. т в год оснащена самым современным высокотехнологичным оборудованием

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО СКБ СТРОЙПРИБОР

ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



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

Реклама

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

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

автоматическая обработка измерений



диапазон 3...100 МПа

УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С
ультразвуковой

поверхностное и сквозное прозвучивание



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

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

отрыв со скалыванием и скалывание ребра

предельное усилие 60 кН
диапазон 5...100 МПа



ПОС-2МГ4 П

испытание прочности ячеистых бетонов



предельное усилие вырыва 2,5 кН

ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ ДИНАМИЧЕСКИЕ

ПДУ-МГ4 "Удар"

и **ПДУ-МГ4 "Импульс"**

определение динамического модуля упругости грунтов и оснований дорог методом штампа,

диапазон: 5...370 МН/м² ("Удар")
5...300 МН/м² ("Импульс")



Прессы испытательные малогабаритные

ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4 / ПГМ-1000МГ4

с гидравлическим приводом для испытания бетона, асфальтобетона, кирпича

■ предельная нагрузка 100 / 500 / 1000 кН

■ масса 70 / 120 / 180 кг



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

с ручным / электрическим приводом для испытания утеплителей на изгиб и сжатие при 10% линейной деформации

■ предельная нагрузка 1 / 2 / 3 / 5 / 10 кН

■ масса 20 / 25 кг

ПСО-10МГ4 КЛ

испытание прочности сцепления в каменной кладке

предельное усилие отрыва 15 кН



АДГЕЗИМЕТРЫ

ПСО-МГ4

испытание прочности сцепления покрытия с основанием

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



ИЗМЕРИТЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"

стационарный и зондовый режимы



диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ

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

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



ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01
термогигрометр

диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ

ИТП-МГ4.03 "Поток"

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

диапазон 10...999 Вт/м²
-40...+70 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ

ВЛАГОМЕР-МГ4

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



ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

ИПА-МГ4

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



ТЕРМОМЕТРЫ

ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01

модульные регистрирующие для зимнего бетонирования и пропарочных камер (до 20 модулей в комплекте)
зондовые / контактные
1...2-канальные

диапазон -40...+100 / 250 °С



ДИНАМОМЕТРЫ

ДМС-МГ4 / ДМР-МГ4

эталонные

сжатия / растяжения
предельная нагрузка 1...1000 кН



ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

ДО-40 / 60 / 80МГ4

метод поперечной оттяжки

диапазон контролируемых усилий 2...120 кН

диаметр арматуры 3...12 мм



ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ

ЭИН-МГ4

частотный метод

диаметр арматуры 3...32 мм

диапазон 100...1800 МПа



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



К 70-летию А.П. Пичугина

Редакция и редакционный совет поздравляют Анатолия Петровича Пичугина, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой теоретической и прикладной физики Новосибирского государственного аграрного университета, члена редакционного совета журнала.

А.П. Пичугин родился 22 октября 1943 г. в г. Уссурийске Приморского края. В 1962 г. поступил на инженерно-строительный факультет Дальневосточного политехнического института им. В.В. Куйбышева, после окончания которого остался для научно-исследовательской и преподавательской работы. В 1969 г. А.П. Пичугин поступил в аспирантуру Московского инженерно-строительного института на кафедру полимерных строительных материалов к профессору В.А. Воробьеву и через три года успешно защитил диссертационную работу на соискание ученой

степени кандидата технических наук. С 1971 по 1975 г. Анатолий Петрович был доцентом на факультете Гидромелиорации Приморского сельскохозяйственного института, в 1975–1978 гг. работал заведующим кафедрой охраны труда и строительного дела Дальневосточного технологического института.

С 1978 г. А.П. Пичугин работает в Новосибирском государственном аграрном университете. Тридцать пять лет работы в НГАУ Анатолий Петрович постоянно занимается научно-исследовательской деятельностью. Им разработаны научные основы и критерии оценки материалов по их диффузионным характеристикам и по проницаемости. Это позволило создать целую гамму эффективных материалов на основе местного сырья и отходов производства, модифицированных полимерами, а также ряд проектных и конструктивных разработок по материалам для полов сельскохозяйственных производственных зданий, которые увеличивают срок службы с полутора-двух до пятнадцати-двадцати лет. Предложенные рекомендации внедрены во многих организациях России и стран СНГ. Им организована научно-исследовательская лаборатория строительных материалов, в которой за прошедшие годы подготовлено восемнадцать кандидатских и три докторские диссертации. В настоящее время он руководит научной работой пяти аспирантов и соискателей, а также двух докторантов.

А.П. Пичугин – автор более шестисот научных трудов, в том числе тридцати книг и учебных пособий, а также свыше двадцати пяти авторских свидетельств и патентов на изобретение.

На протяжении всей своей научной деятельности юбиляр проявляет внимание к творческому росту научно-педагогических кадров, к результатам их работы и поисков. С 1979 г. А.П. Пичугин занимается организацией и проведением международных научно-технических конференций и семинаров по проблемам эффективного использования строительных материалов и местного сырья.

За большой вклад в науку, подготовку кадров и активную общественную деятельность А.П. Пичугин удостоен многими почетными званиями и наградами.

Редакция и редакционный совет желают Анатолию Петровичу крепкого здоровья, неиссякаемой энергии и дальнейших творческих успехов.

удк 620.197.2

А.П. ПИЧУГИН, д-р техн. наук, В.В. БАНУЛ (gmunsau@mail.ru),
М.О. БАТИН (gmunsau@mail.ru), инженеры,
Новосибирский государственный аграрный университет

Стойкость термонапыляемых полимерных покрытий в средах животноводческих помещений

Усугубляющим фактором для очистных сооружений и систем навозоудаления животноводческих комплексов является постоянное воздействие агрессивных сред с рН от 2,3 (для силоса) до 12–13,2 (для дезинфицирующих средств) в широком температурном интервале от -50°C (зимой) до +60°C (в летний период), в результате чего происходит интенсивное корродирование металла и выхода из строя всего объекта. Восстановление работоспособности и защита от коррозии в зоне периодического увлажнения металлических конструкций и сооружений с помощью полимерных композиций представляет наибольший интерес, так как во влажной и парогазовой средах идет наиболее интенсивный процесс разрушения металла.

В ряде работ рассмотрены особенности использования полимерных композиций для восстановления работоспособности и защиты от коррозии металлических конструкций, работающих в агрессивных средах. Однако

для очистных сооружений и элементов навозоудаления животноводческих комплексов, в которых металл и покрытия подвергаются гидроабразивному и коррозионному воздействиям, такие работы не выполнялись.

На готовые детали, элементы и конструкции полимеры наносят в жидком или порошкообразном состоянии. Применение порошков определенной дисперсности способствует лучшему перемещению их в воздушном потоке, равномерному распределению на покрываемой поверхности и быстрому оплавлению с образованием прочной и долговечной защитной пленки. Преимущество процесса в том, что покрытие получается непосредственно из твердого полимера, минуя стадию растворения или диспергирования. При повышенной температуре частицы порошка оплавляются и слипаются, образуя сплошную пленку на поверхности защищаемого материала. Существует несколько способов нанесения по-

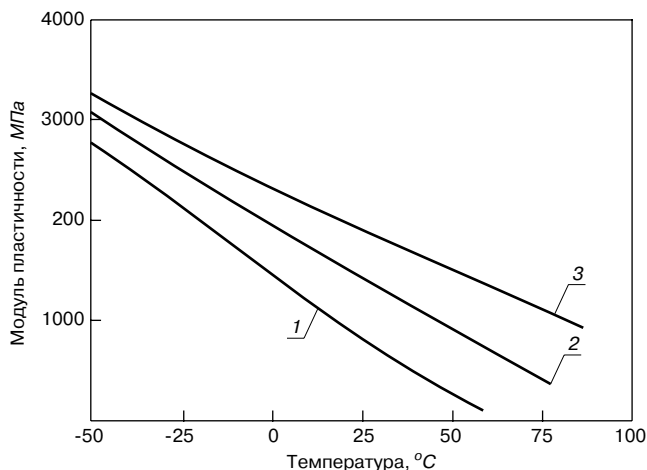


Рис. 1. Зависимость модуля пластичности полиэтилена от температуры при обработке порошка: 1 – без обработки; 2 – кремнезоль; 3 – УНТ (3%)

крытий из порошков полимеров: вихревой (в псевдооживленном, взвешенном или кипящем слое); струйный; вибрационный; газопламенный; вибрационный; электростатический; центробежный.

Для практических целей по защите конструкций очистных сооружений предпочтительнее способ газопламенного напыления, обладающий простотой и доступностью аппаратуры, снижением потерь полимера, высокой производительностью труда и возможностью механизации, а также нанесения покрытий на детали и элементы сложной конфигурации.

В качестве защитных полимерных материалов были использованы: полиэтилен низкого давления (ПЭНД 20708–016); фторопласт (Ф-4МБП); краски: порошковая поливинил-бутиральная (П-ВЛ-212), порошковая эпоксидная (П-ЭП-534), порошковая эпоксидная (с металлическим эффектом П-ЭП-134), порошковая полиэфирная (П-ПЭ-1130у), порошковая поливинилхлоридная (ПХВ-716); порошкообразный полиамид (ПА-12АП). До начала испытаний были определены все основные физические и технологические свойства вышеуказанных материалов в полном объеме.

Технологический процесс нанесения покрытий включает следующие операции: подготовку поверхности детали, нагрев, нанесение порошка полимера, оплавление покрытия, охлаждение защищаемого элемента с покрытием, контроль качества покрытия.

Из имеющихся способов активации поверхности металлических элементов и конструкций наилучшие результаты показывают способы предварительной обработки наноразмерными составами и композициями. Нанесенные на обработанную поверхность защитные композиции имеют более высокие свойства по адгезии, плотности, прочности и коррозионной стойкости.

Авторами предлагается предварительная обработка наноразмерными композициями защищаемой металлической поверхности и напыляемого полимерного порошка, что обеспечивает повышение адгезии и коррозионной стойкости всего покрытия.

Исходя из проведенного анализа литературных данных и с учетом специфики решаемых задач, а также возможных вариантов физико-химического взаимодействия в граничных слоях системы полимерное покрытие – металлическая подложка в качестве наноразмерных модификаторов поверхности защищаемых металлических конструкций были приняты многослойные углеродные нанотрубки (УНТ) марки С-100 фирмы Arcsema и кремнезоль производства ОАО «КазХимНИИ».

Авторами разработана композиция, изготавливаемая путем введения в состав водного раствора 20–40% крем-

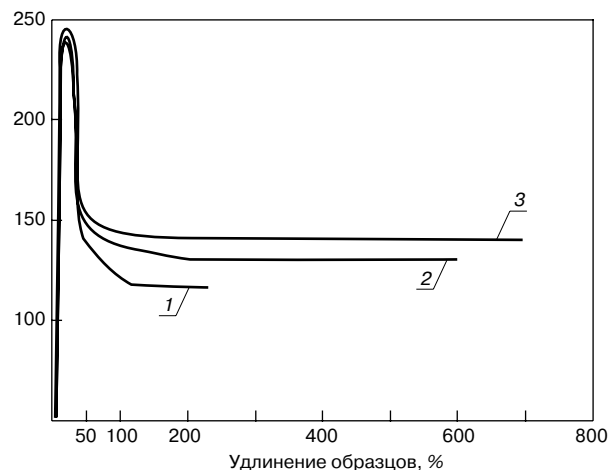


Рис. 2. Диаграмма растяжения при комнатной температуре полиэтилена после ускоренного старения при обработке: 1 – без обработки; 2 – кремнезоль; 3 – УНТ (3%)

незоля 3% раствора углеродных нанотрубок (УНТ), что обеспечивает наибольшую эффективность по всем эксплуатационным показателям. Совместное введение в качестве обрабатываемого и активизирующего состава водного раствора кремнезоля и 3% раствора углеродных нанотрубок создает синергетический эффект, объясняемый тем, что кремнезоль, являющийся полярной системой, хорошо соединяется с 3% водным раствором УНТ – неполярной системой. Это в совокупности обеспечивает хорошее качество защитного покрытия, его высокую адгезию к стальному основанию и эксплуатационную стойкость. При предварительной обработке водным раствором кремнезоля совместно с УНТ обеспечивается упрочнение структуры и повышение термостабильности напыляемого полимера защитной композиции, что соответствует смещению в область более высоких значений температуры экзоэффектов. Это видно как на кривых дифференциально-термического анализа исследуемых композиций, так и на температурных переходах термомеханических кривых.

При эксплуатации полимерные защитные покрытия очистных сооружений животноводческих комплексов кроме различных агрессивных сред подвергаются не только механическим воздействиям, но и абразивному износу. Сезонные колебания температуры в интервале -40 – +50°С приводят к возникновению напряжения на границе раздела фаз. Метод термического напыления

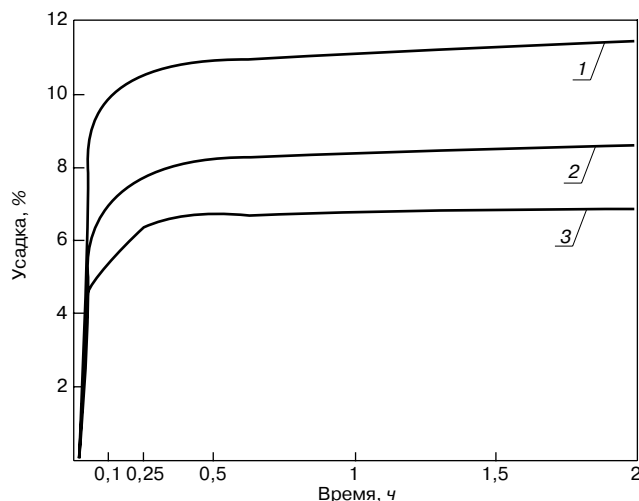


Рис. 3. Изменение усадки полиэтиленового покрытия во времени: 1 – без обработки; 2 – после обработки порошка ПЭНД кремнезолью; 3 – то же для УНТ

Свойства	Показатели свойств покрытий в зависимости от метода обработки поверхности						
	без обработки	кремне-золе (КЗ)	УНТ	КЗ+1%УНТ	КЗ+2%УНТ	КЗ+4%УНТ	КЗ+10%УНТ
Адгезия пленки, МПа	$\frac{5,4-6,1}{5,9-7,2}$	$\frac{6,7-8,1}{7,7-8,9}$	$\frac{9,3-11,6}{9,8-12,4}$	$\frac{7,1-8,2}{7,9-8,8}$	$\frac{8,4-10,5}{8,7-11}$	$\frac{8,9-10,8}{9,6-12,3}$	$\frac{9,1-11}{9,6-12,4}$
Плотность пленки, кг/м ³	950-965	960-985	980-1050	950-990	970-1035	970-1040	970-1045
Пористость, %	$\frac{1,2-1,6}{1-1,4}$	$\frac{0,8-1,1}{0,7-1}$	$\frac{0,6-0,7}{0,5-0,6}$	$\frac{0,8-1,1}{0,7-1}$	$\frac{0,7-0,9}{0,6-0,7}$	$\frac{0,7-0,8}{0,6-0,7}$	$\frac{0,7-0,8}{0,6-0,7}$
Стойкость в агрессивной среде, ч	160-170	180-200	220-260	190-210	210-250	210-255	220-260
Расчетный срок службы, годы	$\frac{0,5-0,7}{0,8-1}$	$\frac{1,2-1,7}{1,5-1,9}$	$\frac{2,1-2,5}{2,2-2,8}$	$\frac{1,2-1,7}{1,3-1,7}$	$\frac{1,6-1,9}{1,9-2,2}$	$\frac{1,6-1,9}{1,9-2,3}$	$\frac{1,8-2,1}{1,9-2,5}$

Примечание. Над чертой приведены результаты испытаний без обработки порошка ПЭНД; под чертой – после предварительной обработки порошка теми же составами.

на поверхности специальными полимерными порошками может приводить к неравномерному нанесению покрытия при восстановлении и защите рабочей поверхности. Для гарантированной бесперебойной работы антикоррозионной защиты требовалось проверить эластические свойства напыляемого покрытия [1-3].

На рис. 1 и 2 представлены результаты исследования модуля пластичности полиэтилена ПЭНД при различных значениях температуры и степени его растяжимости после нахождения в климатической камере. Как следует из полученных данных, различия незначительны, свидетельствуют о повышении термостабильности полиэтиленового защитного покрытия (рис. 1, кривая 3). Что особенно проявляется при обработке металлической подложки наноразмерными составами, наибольший эффект наблюдается у УНТ (рис. 2, кривые 2, 3). Это объясняется активным влиянием наноразмерных компонентов на формирование структуры покрытия, что обеспечивает наряду с высокой адгезией пластические свойства. Подробно влияние и физико-химическое взаимодействие полиэтиленового напыляемого покрытия и предварительно обработанной наноразмерными составами металлической подложки рассмотрено в [2, 4].

Важным моментом формирования коррозионно-стойкого защитного покрытия являются его усадочные характеристики, определяющие уровень внутренних напряжений и характер их влияния на длительность работы антикоррозионной защиты. На рис. 3 представлены графики зависимости усадочных деформаций при образовании термонапыленного покрытия полиэтиленом низкого давления, из которых видно, что нанораз-

мерные составы существенно снижают величину усадки таких покрытий и способствуют формированию защитного покрытия с адгезионными свойствами [2, 4].

На формирование и работу полиэтиленового покрытия существенное влияние оказывает гранулометрический состав напыляемого порошка, поэтому были выполнены исследования, позволившие определить зону оптимальных соотношений диаметров частиц (рис. 4). Учитывая важность данной регламентации, авторами был сконструирован и защищен патентом 22075 РФ специальный распылитель для нанесения порошкообразных материалов с регулируемой насадкой для подачи порошка полиэтилена строго определенного фракционного состава [1, 2].

Анализ вышеуказанных графиков позволяет сделать следующие выводы: предварительная обработка наноразмерными составами металлической поверхности приводит к положительному эффекту, выражающемуся в увеличении плотности, прочности, твердости, термостабильности, а главное, способствует повышению адгезии полимерного напыляемого покрытия к стали. Особенно это проявляется в одной из важнейших характеристик защитных покрытий – плотности. Для обычного полиэтиленового покрытия плотность материала резко снижается после 80°C, в то время как пленки, полученные на предварительно обработанных поверхностях наноразмерными составами, отличаются повышенной теплостойкостью и обладают хорошей сопротивляемостью к тепловым воздействиям. Этот эффект проявляется при непосредственной обработке самого полиэтиленового порошка наноразмерными составами

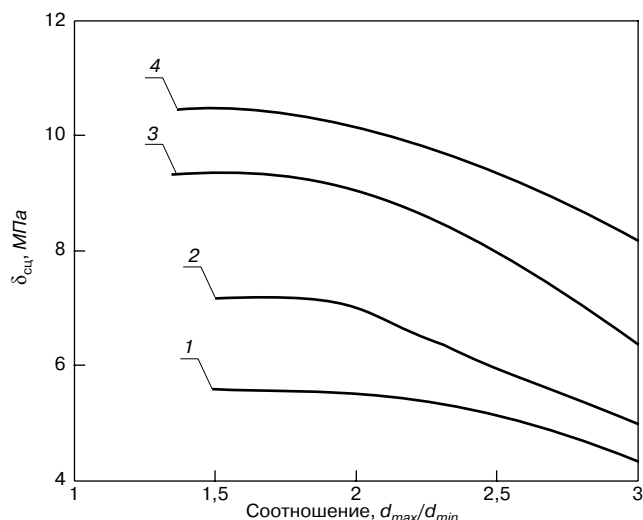


Рис. 4. Влияние соотношения фракционных составов полимерных порошков на адгезию покрытий: 1 – контрольный образец; 2 – на предварительно обработанной кремнезоле (КЗ) поверхности; 3 – то же, обработанной 3% раствором УНТ; 4 – то же, обработанной УНТ + КЗ

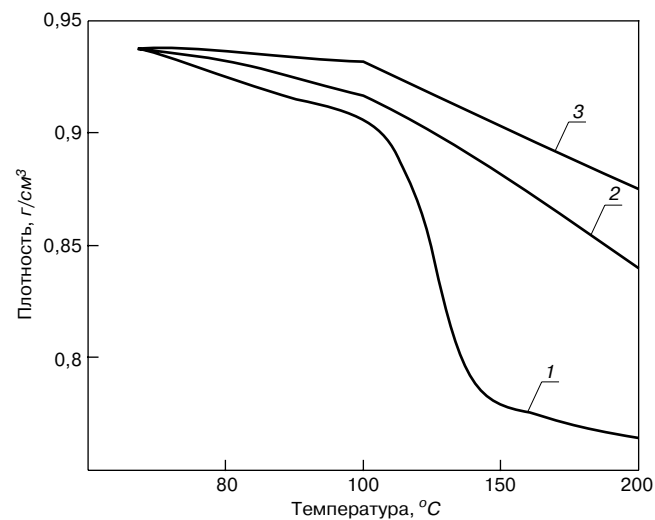


Рис. 5. Зависимость плотности полиэтиленового покрытия от температуры при обработке порошка: 1 – без обработки; 2 – кремнезоле; 3 – УНТ (2%)

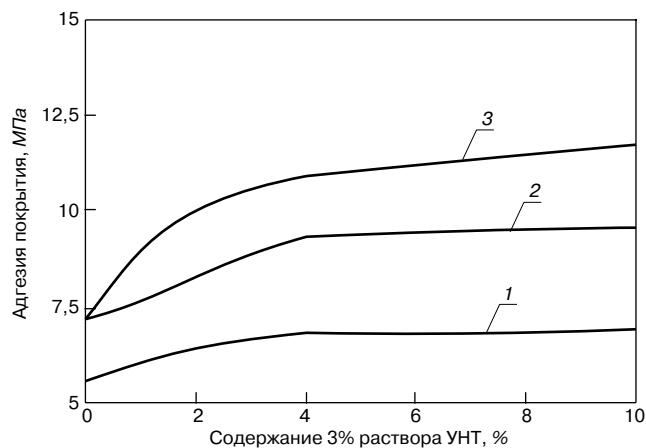


Рис. 6. Влияние УНТ в составе кремнезоля на адгезионную прочность напыляемого полиэтиленового покрытия: 1 – контрольное покрытие без обработки; 2 – обработка кремнезолом + порошок; 3 – то же, с добавлением УНТ + порошок

методом распыления и последующей сушки (рис. 5). Из графика следует, что температурные эффекты, соответствующие деструкции полиэтилена, без обработки сдвигаются в зону повышенных значений температуры. Результаты подтвердились и при проведении термомеханических исследований [2, 4].

Как показали проведенные исследования, при введении в кремнезоль незначительного количества УНТ проявляется синергетический эффект, выражающийся в увеличении всех основных характеристик защитного покрытия: адгезии к защищаемой стальной поверхности, плотности, пористости и стойкости к действию концентрированных агрессивных сред. В таблице приведены свойства защитных термонапыляемых полиэтиленовых покрытий на предварительно обработанных металлических поверхностях.

Исследование химической стойкости полимерных защитных покрытий металлических элементов очистных сооружений и систем навозоудаления животноводческих комплексов является одним из необходимых условий оценки пригодности материала для антикоррозионных покрытий в условиях воздействия агрессивных сред сельскохозяйственных и производственных помещений. Исследования проводили на образцах-пластинах, защищенных полимерным напыляемым составом. Основным критерием химической устойчивости полимерного покрытия служило наличие дефектов, приводящих к ржавлению стали (вздутия, ржавчина). Фиксировали изменение массы образцов, их состояние и характер разрушения, а также вели наблюдение за изменением окраски среды, в которой они находились [2, 3].

Предварительная модификация наноразмерными композициями различных полимерных материалов и составов оказывает существенное влияние на свойства нанесенного полимера: его структуру, термическую стабильность, физико-химические характеристики, степень пространственной сшивки, физико-механические характеристики. Для установления физико-химических превращений в полимерных системах на основе полиэтиленового защитного покрытия с предварительной обработкой были проведены термографические, термомеханические, полимерграфические исследования, а также использованы методы ИК-спектроскопии [4].

На кривых дифференциально-термического анализа полиэтиленовой пленки без предварительной обработки наноразмерными составами отмечены термоэффекты в области 125 и 400°C, что отвечает химическим превращениям материала и последующей деструкции, фиксируемой после 320°C и сопровождаемой резким уменьшением массы к 400°C. При более детальном изучении

кривых ДТА эндотермический эффект отражается на термограмме резким отклонением кривой в сторону оси абсцисс после 320°C. Предварительная обработка полиэтиленового термонапыляемого покрытия наноразмерными составами в виде кремнезоля и УНТ позволяет существенно изменить свойства материала, повысить его термостабильность. Отмечено, что при проведении дифференциально-термического анализа таких покрытий эндотермические эффекты в районе 125°C перешли в зону 135–140°C, а эндозффекты в районе 400°C перешли в зону повышенных значений температуры 450–460°C. Изменение эффектов и резкое увеличение скорости потери массы на дифференциальной термогравиметрической кривой с 320°C до значений температуры, близких 480°C, показывает, что результаты термогравиметрических исследований подтверждают правомерность выбора предварительной обработки защищаемой стальной поверхности наноразмерными составами и композициями, способными не только обеспечить термостабильность полимерного покрытия, но и увеличить их коррозионную стойкость и долговечность [1, 2].

Реализация разработанных процессов способствует увеличению физико-механических и физико-химических свойств полимерных материалов. Оптимальной для термонапыляемых полиэтиленовых покрытий была комплексная обработка кремнезолом и УНТ, что отражено температурными переходами выше на 25–35°C. Комплексные исследования экспериментальных составов методами ДТА, микроструктурным и ИК-спектроскопическим подтвердили усиливающее влияние предварительной обработки наноразмерными композициями полиэтиленовых напыляемых покрытий [2, 4].

При определенных условиях большинство синтетически полученных высокомолекулярных соединений способно к превращениям. Показано, что наноразмерные частицы композиций способствуют созданию решетки полимерного вещества, отличающегося тем, что отдельные идентичные группы атомов соединены между собой и представляют разветвленную прочную структуру [3–5].

После длительных испытаний в климатической камере никаких структурных изменений в полиэтилене под действием низких значений температуры не наблюдалось. В спектрах образцов полиэтилена, снятых после выдержки в зимних условиях, заметных структурных изменений не отмечено, в то время как в летний (теплый) период деструкция была значительной. Даже визуально на них были видны довольно большие структурные изменения. Пленки помутнели и потеряли первоначальный блеск, что, вероятно, связано с процессами окислительной деструкции. Зафиксировано изменение оптической плотности полосы поглощения при ИК-спектроскопических исследованиях образцов полиэтилена в процессе старения. Наблюдается появление полосы поглощения в области 1380–1430 см⁻¹.

Это, по мнению авторов, можно отнести к образованию разветвленной структуры полиэтилена за счет каталитического воздействия наноразмерных компонентов, предварительно нанесенных на защищаемую поверхность. Вывод хорошо согласуется с повышенными физико-механическими свойствами, в частности теплоустойчивости и адгезии [6].

Таким образом, для полиэтиленовых покрытий в виде пленок, полученных методом газопламенного напыления на металлические поверхности, экспонированных в течение длительного времени в натуральных условиях, отмечены появление и рост полосы поглощения при 1720 см⁻¹, связанные с образованием карбонильных групп С=О в теплое время года. В пленках за все время экспозиции, как показывают ИК-спектры, заметных структурных изменений не происходит. Положительное влияние предварительной обработки

наноразмерными составами металлических поверхностей перед нанесением полимерных покрытий позволило отработать режимы нанесения порошковых покрытий на металлические поверхности, существенно повысить стойкость, долговечность защищаемых элементов, рабочих органов очистных сооружений и канализационных систем [6].

По разработанной технологии нанесения термонапыляемых покрытий было осуществлено внедрение напыляемых полиэтиленовых покрытий стальных поверхностей очистных сооружений, предварительно обработанных наноразмерными композициями кремнезоля с добавкой УНТ на свинокомплексе, ферме крупного рогатого скота и других животноводческих объектах.

Эксплуатация нанесенных полимерных покрытий в течение нескольких лет показала их высокую коррозионную стойкость в средах животноводческих помещений, хорошую совместимость с защищаемой стальной поверхностью и отсутствие каких-либо дефектов и нарушений целостности в течение 3–5 лет. Этот факт позволяет рекомендовать предложения авторов для устройства эффективной защиты металлических конструкций и элементов очистных сооружений и систем навозоудаления животноводческих комплексов. Учитывая, что срок эксплуатации металлических конструкций и элементов очистных сооружений после нанесения защитного полимерного покрытия на предварительно обработанную наноразмерными составами поверхность увеличивается в полтора-два раза, можно сделать заключение о целесообразности выполненной работы и ее эффективности.

По результатам исследований авторами предложена технология нанесения полимерных защитных покры-

тий; разработаны и утверждены рекомендации «Антикоррозионные защитные покрытия для очистных сооружений и систем навозоудаления животноводческих комплексов».

Ключевые слова: *очистные сооружения, коррозия металла, полимерные защитные пленки, напыление, кремнезоль, углеродные нанотрубки УНТ, предварительная обработка наноразмерными составами, повышение коррозионной и эксплуатационной стойкости.*

Список литературы

1. Банул В.В. Результаты испытания полимерных порошковых материалов на износостойкость в гидроабразивной среде // Технология машиностроения. 2010. № 5. С. 43–47.
2. Пичугин А.П., Батин М.О., Банул В.В. Полы из модифицированных полимерными композициями материалов в сельском строительстве // Строительные материалы. 2012. № 8. С. 80–82.
3. Пичугин А.П., Городецкий С.А., Бареев В.И. Коррозионно-стойкие материалы для защиты полов и инженерных систем сельскохозяйственных зданий и сооружений. Новосибирск: НГАУ–РАЕН, 2010. 142 с.
4. Пичугин А.П., Банул В.В. и др. Изучение структурных изменений полимерных покрытий в процессе старения методом ИК-спектроскопии // Ресурсосберегающие технологии и эффективное использование местных ресурсов в строительстве: Междунар. сб. научн. тр. Новосибирск: НГАУ–ТГАСУ–РАЕН, 2013. С. 15–18.
5. Горленко Н.П., Саркисов Ю.С. Низкоэнергетическая активация дисперсных систем. ТГАСУ, 2011. 264 с.



Активатор
измельчение активация синтез

Лабораторные мельницы «Активатор» для заводских и исследовательских лабораторий.



Активатор-2SL



Активатор-4М



Активатор-2S

Мельница	«Активатор-2SL»	«Активатор-2S»	«Активатор-4М»
Количество (объем) барабанов	2 (по 250мл)	2 (по 250мл)	4 (по 1000мл)
Скорость вращения барабанов	0-1500 об/мин	0-2800 об/мин	0-1650 об/мин
Потребляемая мощность	2,2 кВт/ч	2 по 2,2 кВт/ч	18 кВт/ч
Применение	Пробоподготовка	Механохимические исследования	Наработка материала

Кривые распределения частиц по размерам кварцевого песка, Р% помолотого на планетарной шаровой мельнице «Активатор-2SL».



www.activator.ru >>

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

Реклама

SibBuild

место проведения «Новосибирск Экспоцентр»



28–31
января
2014

10–13
февраля
2014

Неделя архитектуры и строительства

- Оконные технологии
- Строительные материалы и оборудование. Строительство
- Натуральный и искусственный камень
- Инструменты и крепёж
- Кровли и фасады

Неделя отделочных материалов и интерьерных решений

- Отделочные материалы
- Двери и замки
- Краски. Сухие строительные смеси
- Керамика. Сантехника
- Декоративный свет. Электрика
- Ткани в интерьере

www.SibBuild.ru

 ufi



ОРГАНИЗАТОР
ITE Сибирская Ярмарка
ул. Станционная, 104
тел.: +7 (383) 363 00 63
sibbuild@sibfair.ru
www.sibfair.ru

Генеральный
информационный спонсор



Генеральный
информационный
партнер



Генеральный
интернет-партнер



Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, д-р техн. наук, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ); А.В. КОЧЕТКОВ, д-р техн. наук, Пермский национальный исследовательский политехнический университет; И.Ю. САРЫЧЕВ, инженер (lyucies@mail.ru), Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.; С.Ю. АНДРОНОВ, директор ПУИЦ «ВОЛГОДОРТРАНС»

Особенности и проблемы обращения битума

Принято считать, что плохое состояние дорожных покрытий определяется недостаточным качеством асфальтобетонных смесей, а качество последних связывают в первую очередь с низким качеством битума, выпускаемого отечественной нефтеперерабатывающей промышленностью.

Но только ли нефтеперерабатывающая промышленность в этом повинна?

В мировой практике производство битума для дорожного хозяйства представляет собой самостоятельную отрасль нефтеперерабатывающей промышленности. На нефтеперерабатывающих заводах РФ к битуму относятся как второстепенному продукту, а основной интерес проявляется в выпуске бензина, керосина, дизельного топлива.

Нефтеперерабатывающим предприятиям России невыгодно дополнительно оборудовать битумное производство специальными охлаждающими системами для снижения температуры готового битума до +150°C вместо +250°C, что позволило бы получать битумы с более высокими эксплуатационными свойствами, перемешивающими устройствами для введения катионных поверхностно-активных веществ (ПАВ), специальными дополнительными емкостями для раздельного хранения битумов различных марок, современной аппаратурой для более строгого регулирования качества битумов и т. п.

В мировой практике дорожного строительства (кроме России и ряда других стран) давно применяются неокисленные нефтяные дорожные битумы, из которых на Западе строится более 80% автомобильных дорог. В отличие от окисленных они способны в 3–4 раза продлить срок службы дорожных покрытий, так как в значительно меньшей степени склонны к старению, у них существенно лучшие показатели по водостойкости, устойчивости к износу, образованию трещин и температурным перепадам.

Технология получения битумов значительно влияет на их состав. Так, содержание смол в битумах одной и той же температуры размягчения, полученных непрерывным окислением сырья в колонном аппарате и в меевиковом реакторе, ниже, а содержание асфальтенов и масел несколько выше, чем в битумах, полученных окислением того же сырья в кубах. Отличаются также структура компонентов и свойства готовых битумов, полученных различными способами.

Известно, что даже небольшие колебания состава сырья – содержания парафиновых и ароматических углеводородов, асфальтенов и других компонентов оказывают огромное влияние на качество получаемых битумов.

Проблема стабилизации качества сырья порождает еще одну характерную особенность современного битумного производства – возросший уровень требований к качеству дорожных битумных материалов. Сегодня

дорожники России в своем стремлении к повышению долговечности дорог стоят перед дилеммой: покупать битумы за рубежом, строить специализированные НПЗ по производству битума с использованием в качестве сырья специальных «тяжелых нефтей» или перейти на строительство автомобильных дорог из цементобетона вместо асфальтобетона.

По данным Росдортехнологии, около 50% ежегодно выпускаемых дорожных битумов не соответствует требованиям нормативных документов, в частности ГОСТ 22245. При этом требования самого ГОСТа давно не удовлетворяют потребителя [1–3].

Спрос на битум в сезон значительно превышает предложения. В связи с этим в работу идет любой битум, доставляемый на асфальтобетонный завод. Ни один из асфальтобетонных заводов не знает, какой битум получит.

При этом следует отметить, что прямые поставки битума с нефтеперерабатывающего предприятия на асфальтобетонный завод, как правило, отсутствуют, так как задействовано большое число посредников.

В России имеются богатейшие запасы нефти. Однако различные месторождения отличаются по составу нефти. Когда нефть из различных месторождений попадает в нефтепровод, естественно, там образуется своеобразный «коктейль». Смешивание нефти в нефтепроводе определяется требованиями технологического процесса переработки нефти, но это возможно только в том случае, если не нарушаются технологические требования к нефтяному сырью [1, 3], что никак не связано с производством битума.

Магистральный нефтепровод принимает смеси нефтей с различных месторождений. Усреднение в потоке в результате такого смешивания затрудняет адекватный учет специфических параметров качества сырья (содержание парафина, высокопотенциальных фракций для производства масел и специальных топлив и т. д.). Как правило, в этом случае учитывают только два наиболее общих показателя – плотность в градусах API и удельное содержание серы, которые являются определяющими для экономики переработки и ценообразования на рынке и опять-таки никак не связаны с последующим производством битума. Однако цель получения высококачественного битума при этом не ставится, так как основной коммерческий интерес для любого НПЗ представляют светлые продукты. С учетом низкой рентабельности битумного производства в отечественной нефтепереработке усиливается роль хорошо освоенных процессов квалифицированной переработки гудронов (коксование, висбрекинг, гидрокрекинг, газификация, производство остаточных масел), позволяющих повысить эффективность и глубину переработки нефти.

В октябре 2010 г. Правительством РФ принято решение запретить подключение к магистральным нефте-

проводам новых нефтеперерабатывающих заводов, глубина переработки у которых меньше 70%.

В России в настоящее время имеются примерно 250 мини-НПЗ с глубиной переработки около 40%. При этом под глубиной переработки нефти понимают величину, показывающую отношение объема продуктов переработки нефти к общему объему затраченной в этом процессе нефти. Она рассчитывается по следующей формуле:

$$Г_{п} = \frac{O_{п} - O_{пм} - O_{пит}}{O_{п}} \cdot 100\%,$$

где $G_{п}$ — глубина переработки; $O_{п}$ — объем переработки; $O_{пм}$ — объем производства мазута; $O_{пит}$ — объем потерь и топлива на собственные нужды.

В России показатель глубины переработки нефти часто используют как показатель эффективности нефтепереработки. Однако этот показатель лишь косвенно говорит об эффективности и технологичности процесса. Например, в 2006 г. глубина переработки в России составила 71,3%, в США — 92%.

Атмосферные и вакуумные остатки (температура кипения $>360^{\circ}\text{C}$) имеют плотность более $1,016 \text{ г/см}^3$ и фактически могли бы использоваться в качестве битумов, однако их высокое содержание в нефти — более 55–70 мас. % не создает предпосылок к строительству рентабельного нефтеперерабатывающего завода, поскольку основную прибыль приносят бензин и дизельное топливо и менее всего, к сожалению битум.

Естественно, если исходная нефть представляла собой коктейль из нефтей различных месторождений, то нефтяной гудрон тоже неоднороден по составу. В любом случае в настоящее время в РФ не существует каких-либо нормативов, регламентирующих состав и свойства нефтяного гудрона.

Стремление к повышению глубины переработки нефти приводит к более высокому отбору газойлевых фракций при вакуумной перегонке мазутов. Как следствие этого, вырабатываемые гудроны имеют значительно более высокий уровень вязкости. Данная тенденция получает все большее развитие, и в недалеком будущем потребитель гудрона уже не сможет его получить для последующей переработки в битум, так как прямым окислением такого гудрона получить качественный дорожный битум не представляется возможным.

На нефтеперерабатывающем заводе путем продувания воздуха через гудрон получают нефтяной битум. Свойства битума в значительной степени определяются свойствами исходного нефтяного гудрона, которые в той или иной степени случайны.

В соответствии с существующими нормативными документами на нефтеперерабатывающем заводе проводят испытания битума, результаты которых заносятся в паспорт, сопровождающий партию битума по пути к потребителю. Однако за время пути от нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) к асфальтобетонному заводу (АБЗ), пройдя через руки многочисленных посредников, параметры свойств битума при доставке могут отличаться от параметров битума, определенные на момент его отгрузки.

При этом в нормативных документах указано, что поставщик, в данном случае нефтеперерабатывающий завод, гарантирует качество битума при условии соблюдения требований по его транспортированию и хранению. Однако при наличии посредников никто фактически соблюдения требований по транспортированию и хранению не гарантирует. С учетом данных, представленных на рис. 1, о какой-либо гарантии, по-видимому, речи быть не может! По данным РГТУ им. Губкина, до 25–28% битума не соответствует требованиям.

Цена на битум зимой значительно ниже, чем летом. По этой причине существуют фирмы, которые в зимний период запасают битум, а затем летом в пик сезона его реализуют. Для примера, в 2012 г. цена битума изменялась в течение строительного сезона от 8 до 16 тыс. р. за тонну. Что касается паспортов на битум, то они не отражают вышесказанного и зачастую достоверность их может ставиться под сомнение.

В прошлый строительный сезон в Москву поступал битум с Московского, Ярославского, Нижегородского (г. Кстово), Сызранского, Рязанского НПЗ (только то, что известно). При этом партии битума поступали вперемежку: день с одного НПЗ, день с другого, что в первую очередь определяется оптимальными для поставщика логистическими схемами. Зачастую асфальтобетонный завод заранее не знает, с какого НПЗ ему доставят битум. При этом стопроцентной уверенности, что паспорт на битум соответствует истине, нет.

За время транспортирования и/или хранения битум может претерпеть существенные изменения, например состариться и изменить разброс и вариативность всех показателей. Это как минимум приведет к тому, что свойства битума, доставленного на асфальтобетонный завод, в любом случае не будут соответствовать тем значениям, которые указаны в сопровождающем его паспорте.

Нефтяные битумы на всех этапах жизненного цикла в процессе получения, хранения, транспортирования подвергаются значительным термическим воздействиям. При приготовлении и транспортировке асфальтобетонных смесей, помимо действия повышенной температуры ($170\text{--}200^{\circ}\text{C}$), на них оказывают влияние межфазовые поверхностные явления в пограничных слоях контакта вяжущего и минерального наполнителей, а в эксплуатируемом асфальтобетоне — различные климатические воздействия.

Все эти факторы оказывают существенное влияние на состав, структуру и свойства нефтяных битумов.



Рис. 1. Некондиционный битум в составе асфальтобетонной смеси (из доклада профессора А.А. Гуреева, РГТУ им. Губкина. Санкт-Петербург, май 2013 г.)

мов, а следовательно, и на долговечность асфальтобетонных покрытий.

Общепринято, что основной причиной измененных свойств битумов является старение, вызванное воздействием высокой температуры и кислорода воздуха, однако в техническом регулировании и нормировании обращения битума не принимается во внимание возможность структурных преобразований, происходящих в битуме, который, как любая дисперсная система, стремится к состоянию термодинамического равновесия.

Результаты анализа температуры размягчения битумов в процессе их размягчения и эксплуатации приведены на рис. 2.

В настоящее время разработаны и внедрены в практику разнообразные системы датчиков GPS/ГЛОНАСС, обеспечивающие полноценный контроль за перемещением транспортных средств. Установка подобного оборудования на битумовозы позволила бы отследить путь битума от НПЗ к АБЗ, в том числе с указанием температурного режима транспортировки и ее продолжительности. В частности, при транспортировании некоторых видов битумных вяжущих за время транспортирования требуется каждые 2–3 ч осуществлять его перемешивание — с использованием указанного оборудования также возможно отследить осуществление этой операции.

По существующим нормам АБЗ должен обеспечить слив доставленного битума в течение часа, в то время как имеющиеся методики контроля не позволяют проводить экспресс-анализ параметров битума в реальном масштабе времени. Чтобы понять, какой привезли битум, необходимо выполнить испытания, на проведение которых требуется в соответствии с действующими нормативными документами до четырех часов. За это время битум уже слит в емкости АБЗ, а зачастую использован в процессе производства асфальтобетонной смеси, которая отгружена потребителю.

Таким образом, битум сначала сливают в емкости, а потом получают информацию о том, что он собой представляет. Естественно, вернуть битум поставщику в случае его некондиции в этой ситуации не представляется возможным (при условии, что асфальтобетонный завод решится испортить отношение с поставщиком битума!).

Зачастую битум по приходе на асфальтобетонный завод сразу «с колес» поступает в производство асфальтобетонной смеси. В случае необходимости коррекцию состава асфальтобетонной смеси осуществляют уже на основании визуальной ее оценки — «жирная» или «сухая». Каких-либо инструментальных экспресс-методов оценки качества асфальтобетонной смеси в настоящее время официально не существует.

Те методы, которые используются в соответствии с ГОСТ 12801–98, позволяют получить какую-либо информацию о параметрах асфальтобетонной смеси не ранее 12 ч с момента ее приготовления (как правило, это осуществляют через 24 ч).

В то же время на большинстве АБЗ, где в лабораториях работают специалисты, болеющие за качество выпускаемой продукции, как правило, неофициально используют различные собственные методики, обеспечивающие возможность получения оперативной

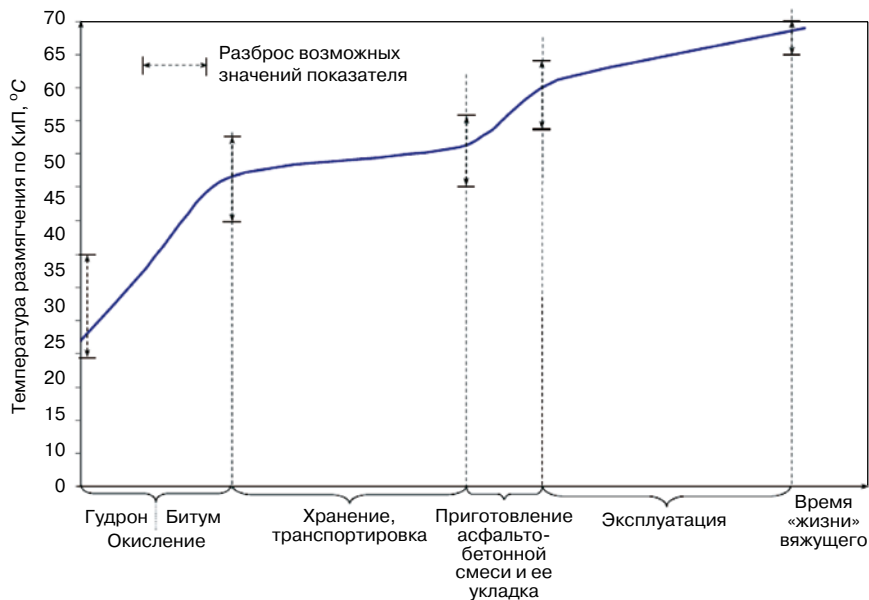


Рис. 2. Изменение температуры размягчения битумов в процессе их производства и эксплуатации (из доклада профессора А.А. Гуреева, РГТУ им. Губкина. Санкт-Петербург, май 2013 г.)

информации о качестве продукции, чтобы в случае необходимости принять какие-либо корректирующие действия.

Кроме того, испытанию подлежит одна проба асфальтобетонной смеси от 1200 т сменной выработки асфальтобетонного завода. Таким образом, при наличии, например, двухтонного смесителя представительность выборки не превышает 0,17%. В связи с этим возникает вопрос о результативности и достоверности подобных испытаний, особенно с учетом имеющего место запаздывания получения данной информации.

Стоит отметить, что в любом случае результаты приемосдаточных и периодических испытаний асфальтобетонной смеси в совокупности должны обеспечивать достоверную проверку всех свойств выпускаемой продукции, подлежащих контролю на соответствие требованиям стандартов, и представлять собой элементы приемки продукции у изготовителя (поставщика).

Изготовленная продукция до ее отгрузки, передачи или продажи потребителю (заказчику) подлежит приемке с целью удостоверения ее годности для использования в соответствии с требованиями, установленными в технических условиях, договорах, контрактах, однако это в настоящее время отсутствует.

Фактически те испытания, которые в ГОСТ 9128–2009 или ГОСТ 31015–2002 обозначены как приемосдаточные, представляют собой периодические испытания, которые проводят для периодического подтверждения качества продукции и стабильности технологического процесса в установленный период с целью подтверждения возможности продолжения изготовления продукции по действующей конструкторской и технологической документации и продолжения ее приемки [3]. Назначения, предусмотренные для приемосдаточных испытаний, фактически не выполняются.

При этом испытанная асфальтобетонная смесь к этому времени давным-давно доставлена на объект, уложена, уплотнена и по асфальтобетонному покрытию уже движутся автомобили.

Из изложенного ясно, что в случае получения негативных результатов испытаний асфальтобетонной смеси никто без особой на то причины не решится удалить некачественный слой асфальтобетона. Что-либо предпринять для улучшения качества покрытия уже не пред-

ставляется возможным, кроме одного — наложить штрафные санкции на подрядчика. Качество покрытия останется тем же.

В Белоруссии существует государственный стандарт СТБ 1536–2008 [4], в соответствии с которым возможно осуществить испытания асфальтобетонной смеси через 2,5 ч после ее приготовления. Это тоже достаточно много, однако существенно меньше того времени, которое требуется на проведение аналогичных испытаний по российским нормативам (ГОСТ 12801–98).

Для того чтобы подрядной организации убедиться в качестве уложенной на объекте асфальтобетонной смеси, необходимо отобрать образцы (керны), которые подлежат испытанию в лабораторных условиях. При этом отбор кернов можно осуществить не ранее 1–3 сут после укладки асфальтобетонной смеси, т. е. с существенным запаздыванием по отношению к реальному производственному процессу.

В соответствии со СП 78.13330.2012 [5] при контроле качества асфальтобетонного покрытия отбирают по три пробы (в трех точках) от 7000 м² покрытия через 1–3 сут после окончания уплотнения. Если считать, что площадь одного керна составляет 314 см² (при диаметре керна 20 см), получаем, что представительность выборки составляет 0,0013%. При этом на результате испытания кернов сказывается как качество асфальтобетонной смеси, произведенной на асфальтобетонном заводе, так и качество работ по укладке и уплотнению асфальтобетонной смеси.

В связи с этим возникает вопрос, в какой степени возможно по этой методике оценивать качество асфальтобетонных смесей и качество асфальтобетонных работ. В результате можно вести речь о том, что все процедуры контроля качества производства и укладки асфальтобетонных смесей носят чисто формальный характер. Результаты испытаний никоим образом не могут повлиять на качество асфальтобетонных покрытий [6, 7].

В Москве существует порядок, что подрядная организация отвечает за любые отклонения в качестве асфальтобетонного покрытия независимо от причин их возникновения (постановление правительства Москвы от 15 мая 2007 г. № 384-ПП, постановление правительства Москвы от 23.12.2008 г. № 1202-ПП (ред. от 07.09.2010 г.) «О концепции развития дорожно-ремонтной отрасли и формирования комплексного подхода к организации ремонта и содержания улично-дорожной сети города Москвы»). При этом отсутствие стандартов делает невозможным полноценную работу в судебных инстанциях в связи с отсутствием основы для принятия объективных решений.

В 2012 г. на улицах Москвы в рамках работ по ремонту было уложено 23,8 млн м² асфальтобетонных покрытий. При средней цене 803 р./м² общая стоимость работ составила 19,1 млрд р. По разным данным процент брака на улицах Москвы из-за некачественных асфальтобетонных смесей составил 0,7% (на сумму 133,8 млн р.).

В России практически не сложилось представления специалистов об идеальном и реальном дорожном битуме, не сформированы требования к показателям его качества в связи с долговечностью в составе дорожной конструкции. Ощущается острая необходимость переработки имеющихся и разработки новых нормативных документов, регламентирующих требования к дорожным битумам с учетом качественных изменений транспортных нагрузок и конкретных климатических условий. При этом следует ориентироваться на ускоренные методы контроля, обеспечивающие получение достоверной информации о битуме и асфальтобетонных смесях в режиме, максимально приближенном к реальному времени.

Выводы

1. Налицо несоответствие практики использования нормативных документов контроля качества битумов нефтяных дорожных процессам обращения битума на всех этапах его жизненного цикла.
2. Для решения проблемы необходимо разработать ускоренные методы испытаний, обеспечивающие получение достоверной информации о битуме и асфальтобетонных смесях в режиме реального времени.

Ключевые слова: битум, нефтяное хозяйство, окисление, разброс показателей, техническое нормирование, автомобильные дороги.

Список литературы

1. ГОСТ 15.309–98 Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения.
2. Тузунов П.И. Эксплуатация магистральных трубопроводов. Уфа: Башкирнефтегаз, 1975. 160 с.
3. ГОСТ 22245–90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.
4. СТБ 1536–2008 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Экспресс-методы испытаний.
5. Васильев Ю.Э. Качество битума. Чем оно определяется? // Наука и техника в дорожной отрасли. 2011. № 2. С. 27–28.
6. СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03–85.
7. Васильев Ю.Э., Шляфер В.Л., Маринич С.А., Матвеевич С.А. Регулярные межлабораторные испытания // Наука и техника в дорожной отрасли. 2006. № 2. С. 6–7.

8-11 АПРЕЛЯ УФА-2014

Выставки 2014 года
в новом Выставочном комплексе «ВДНХ-ЭКСПО»
ул. Менделеева, 158

ВЕСЕННИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

XVIII СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
**ОТОПЛЕНИЕ. ВОДОСНАБЖЕНИЕ
КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ**

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ПРОЕКТ
ЧИСТАЯ ВОДА

XIX СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
ВСЁ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА

БАШКИРСКИЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ КОМПЛЕКС

(347) 248-12-58, 253-38-00
stroy@bvkepo.ru

www.bvkepo.ru

А.Н. САВЕЛЬЕВ, инженер (temasavelev@gmail.com),
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Влияние введения полимеров в состав комплексной добавки на свойства щебеночно-мастичных асфальтобетонов

Одним из наиболее перспективных направлений повышения трещиностойкости и сдвигустойчивости дорожных покрытий является улучшение эксплуатационных качеств применяемых вяжущих материалов, в первую очередь дуктильности и температуры размягчения по КиШ. Более низкая вязкость битума, применяемого в РФ, требует повышенного качества целлюлозного волокна в щебеночно-мастичных смесях и введения в состав вяжущего различных модифицирующих добавок и пластификаторов. Волокно в данном случае используют в качестве стабилизирующей добавки, препятствующей сегрегации смеси и стеканию неориентированного битума с поверхности зерен минерального остова, а также для предотвращения эффекта «выпотевания» битума на участках покрытия.

Особенностью российских окисленных битумов является пониженный интервал пластичности (60–65°C) и плохая адгезия к кислым породам Уральского региона. В связи с указанным стремление улучшить свойства органического вяжущего в различных направлениях стимулирует исследования по созданию композиционных материалов на основе побочных продуктов нефтехимической и других отраслей промышленности. В мировой практике модификацию дорожных битумов проводят блок-сополимерами типа стирол-бутадиен-стирол (СБС) [1]. В настоящее время одним из наиболее перспективных для модифицирования дорожных битумов является дивинилстирольный термоэластопласт ДСТ 30-01, который формирует прочную пространственную эластичную структурную сетку в создаваемых на его основе композициях, однако данный эластомер трудно растворим в битуме и способен ограниченно растворяться в нем только при достижении высоких значений температуры. Для увеличения содержания ДСТ предварительно растворяют полимер в индустриальном масле ИС-20, что оказывает негативное влияние на адгезию битума к каменным материалам.

В исследованиях [2] установлено, что использование продуктов термохимической переработки ископаемого сырья (смолы полукоксования каменного угля и высококипящего продукта термического растворения бурого угля в нефтяных остатках) и отстойных водонерастворимых смол пиролиза (ОСП) древесного сырья совместно с каучукоподобными полимерами повышает адгезионные свойства композиционного материала, эластичность вяжущего и его сцепление с минеральными компонентами.

Исследования [3] влияния введения целлюлозных добавок показали, что удельная поверхность таких добавок на порядок ниже, чем у порошкообразных, однако в асфальтовом вяжущем целлюлозные добавки обладают большей битумоудерживающей способностью даже при незначительном их содержании (3%), чем добавки УНИРЕМ-001 и РТЭП [4]. Это можно объяснить особым механизмом распределения целлюлозных волокон

в битуме и наличием сильно разветвленной пространственной микроструктуры волокон целлюлозы (фибрилярной, капиллярно-пористой [5]) в сравнении с другими добавками.

Исходя из вышеперечисленного целесообразно рассмотреть возможность разработки в гранулированном виде пригодной для введения в смеситель в холодном состоянии комплексной добавки на основе целлюлозных волокон и раствора модификатора.

Для улучшения физико-механических свойств щебеночно-мастичных асфальтобетонов (ЩМА) вместо битума использовали композиционный материал (КМ), состоящий из битума марки БНД 60/90, целлюлозного волокна и различных модификаторов. Соотношение битума и комплексной добавки принято с учетом рекомендаций по проектированию состава щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси ЩМА-20 по ГОСТ 31015–2002 (содержание битума 6%, комплексной добавки 0,5%). При пересчете этих двух компонентов в составе КМ было принято на 91,5% битума вводить 8,5% комплексной добавки.

В качестве комплексной добавки в составе КМ использовали материалы, состав которых представлен в табл. 1.

Целлюлозные волокна, используемые в комплексных добавках Стабилизатор-1, Стабилизатор-2, произведены из макулатуры на ООО НПО «ПармаТех» (Пермь). Характеристики данных волокон приведены в табл. 2.

Таблица 1

Наименование	Состав комплексной добавки
Viatop-66	Волокна технической целлюлозы 65%, битум 35%
Стабилизатор-1	Волокна целлюлозы 90%, атактический полипропилен 10%
Стабилизатор-2	Волокна целлюлозы 90%, раствор ДСТ в ОСП 10%

Таблица 2

Наименование показателя	Требования ГОСТ 31015–2002	Фактические показатели
Влажность, мас. %, не более	8	6,5
Термостойкость при 220°C по изменению массы при прогреве, %, не более	7	1,8
Содержание волокон длиной от 0,1 до 2 мм, %, не менее	80	100

Таблица 3

Наименование материалов	Содержание, %	Размер зерен, мм, не более										
		20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14(0,16)	0,071	
Щебень фр. 10–20	65	65	34,2	2,7	1,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Щебень фр. 5–10	10	10	10	9,8	1	0,1	0	0	0	0	0	0
Песок фр. 0–10	15	15	15	14,9	13,6	9,6	6	4	2,7	1,9	1,5	
Минеральный порошок	10	10	10	10	10	10	10	10	9,9	9,6	8,5	
	100	100	69,2	37,5	26,2	19,9	16,2	14,2	12,8	11,7	10,2	
Требования ГОСТ 31015–2002	min	90	50	25	20	15	13	11	9	8	8	
	max	100	70	42	30	25	24	21	19	15	13	

Таблица 4

Наименование показателей	Требования ГОСТ 31015–02	Стабилизатор-1	Стабилизатор-2
Пористость минерального остова, об. %, не более	15–19	16,3	16,6
Остаточная пористость, об. %	1,5–4,5	3,51	3,66
Водонасыщение, об. %	1–4	2,91	2,77
Прочность при сжатии, МПа, не менее при 20°C	2,2	2,78	2,86
	0,65	0,94	1,24
Коэффициент внутреннего трения, не менее	0,93	0,93	0,94
Сцепление при сдвиге при 50°C, не менее	0,18	0,21	0,25
Трещиностойкость: предел прочности при расколе при 0°C	2,5–6	3,7	4,8
Показатель стекания, не более	0,2	0,16	0,18
Сцепление битума с минеральной частью асфальто-бетонной смеси	не менее 3/4 поверхности	более 3/4 поверхности	более 3/4 поверхности

Для сравнения и получения наилучших характеристик ЩМА проведены испытания двух составов асфальтобетонной смеси с использованием трех типов КМ, содержащих комплексные добавки Стабилизатор-1, Стабилизатор-2.

В качестве минеральных материалов для приготовления смеси ЩМА-20 использовали:

- щебень фр. 10–20, карьер Качканар, Свердловская обл.;
- щебень фр. 5–10, карьер Качканар, Свердловская обл.;
- песок из отсева фр. 0–10, карьер Утес, Пермский край;
- минеральный порошок активированный, Пермь.

Зерновой состав смеси приведен в табл. 3.

Испытания асфальтобетонной смеси проводили в соответствии с ГОСТ 12801–98. Сравнение физико-механических характеристик образцов смеси ЩМА-20 с композиционным материалом на основе БНД 60/90 и разработанных комплексных добавок приведено в табл. 4.

Необходимо отметить, что смеси ЩМА-20 с применением композиционных материалов подобранных составов удовлетворяют требованиям ГОСТ 31015–2002. Испытания образцов асфальтобетонной смеси с различными видами модификатора в составе комплексной добавки показали преимущество ввода в ее состав раствора ДСТ в отстойной смоле пиролиза древесины.

Исходя из результатов испытаний комплексная добавка на основе целлюлозных волокон в композиции с раствором ДСТ в отстойной смоле пиролиза (ОСП) древесины может быть рекомендована к применению в ЩМА. Наличие в составе добавки ОСП не только улучшает свойства вяжущего материала, но и придает добавке гидрофобность, улучшает адгезию вяжущего к минеральным материалам основного характера, наиболее распространенным в Уральском регионе.

Таким образом, применение комплексных добавок в ЩМА необходимо предварительно обосновывать, изучая свойства получившихся композиционных материалов и оценивая физико-механические характеристики асфальтобетонных смесей, изготовленных на их основе.

Ключевые слова: щебеночно-мастичный асфальтобетон, растворы полимеров, стабилизирующая добавка, целлюлозное волокно, битум.

Список литературы

1. Галдина В.Д. Моделирование на ЭВМ подбора состава полимерно-битумного вяжущего // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2011. № 4. С. 260–267.
2. Киселев В.П., Ефремов А.А., Бугаенко М.Б., Гурьев Д.Л., Кеменов Н.В., Филимонов В.С. Оценка адгезионных и когезионных свойств модифицированных дорожных битумов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 4. С. 129–138.
3. Соломенцев А.Б., Баранов И.А. Оценка параметров микроструктуры добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона с помощью микроскопа АХИОСКОР 2 МАТ // Строительство и реконструкция. 2012. № 3. С. 48–58.
4. Руденский А.В., Никонова О.Н. Резинобитумные вяжущие. Различные варианты технологии приготовления // Дороги и мосты: Сб. научн. тр. М., 2008. Вып. 19/1. С. 215–223.
5. Соломенцев А.Б., Баранов И.А. Влияние стабилизирующих добавок ЩМА на свойства вязкого дорожного битума // Строительство и реконструкция. 2011. № 4. С. 56–62.

П.С. БЕЛЯЕВ, д-р техн. наук, О.Г. МАЛИКОВ, канд. техн. наук,
С.А. МЕРКУЛОВ, магистрант (polymers@asp.tstu.ru), Д.Л. ПОЛУШКИН, канд. техн. наук,
В.А. ФРОЛОВ, магистрант (polymers@asp.tstu.ru),
Тамбовский государственный технический университет

Решение проблемы утилизации полимерных отходов путем их использования в процессе модификации дорожного вяжущего

В настоящее время объем образования пластиковых отходов в России составляет более 3 млн т. Еще около 1 млн т отходов образуется за счет изношенных автомобильных шин. Перспектива цивилизованного и эффективного использования образующихся отходов все еще далека. В России перерабатывают лишь незначительную часть отходов полимерных материалов (ПМ), причем 70–80% переработки приходится на долю промышленных отходов. Распределение отходов пластмасс по видам представлено на рис. 1.

Переработка отходов актуальна не только с позиций охраны окружающей среды, но и в связи с увеличивающимся дефицитом первичного полимерного сырья [1]. При этом вторичное использование отходов ПМ, а также резинотехнических позволяет сохранить природные запасы ценного сырья, стимулирует развитие ресурсосберегающих технологий, способствует очищению и оздоровлению окружающей среды. В настоящее время поиску эффективного пути утилизации твердых бытовых отходов из ПМ уделяется все большее внимание. Складирование, захоронение и сжигание отходов полимеров экономически неэффективно и экологически небезопасно, так как при длительном хранении и горении они могут выделять в окружающую среду вещества, способные привести к нарушению экологического равновесия [2].

Опыт дорожного строительства европейских стран и России показывает, что одним из возможных методов утилизации полимерных отходов является их использование в процессе модификации дорожных вяжущих [3]. Так, при укладке 1 км дорожного полотна может быть утилизировано путем модификации вяжущего до 1 т полимерных отходов.

Модификация дорожных вяжущих полимерными материалами позволяет улучшить их адгезионные, прочностные и деформационные характеристики, что, в свою очередь, способствует улучшению свойств дорожного покрытия.

Перспективным направлением утилизации резиносодержащих отходов, в частности изношенных автомобильных шин, является получение регенерата резиновой крошки (РРК), который также может быть использован для модификации нефтяных битумов, заменяя первичные каучуковые компоненты вторичным сырьем [3].

Целью работы является исследование процесса модификации дорожных битумов отходами ПМ, в том числе резиносодержащими, для придания получаемым в результате дорожным вяжущим высоких эксплуатационных характеристик, а также установление зависимости между свойствами вяжущего и рецептурой модифицирующих добавок.

В качестве дорожных вяжущих (объекта исследования) использовали нефтяные дорожные битумы, которые представляют собой дисперсные коллоидные системы сложного химического состава. В их состав входят три основные группы компонентов: асфальтены,

смолы и высокомолекулярные углеводороды [4]. Битумы характеризуются определенными показателями качества: пенетрацией, температурой размягчения и дуктильностью, но не обладают таким важным показателем, как эластичность.

В качестве дорожных вяжущих во второй дорожно-климатической зоне, к которой относится Тамбовская область, рекомендованы битумы марок БНД 90/130 и БНД 60/90 (ГОСТ 22245–90). Использование битума БНД 90/130 ограничено, поскольку он обладает более высокими показателями пенетрации по сравнению с маркой БНД 60/90.

Анализ литературных источников позволил установить, что в настоящее время существует достаточно широкий спектр материалов, которые используются в роли модифицирующих добавок, в том числе следующие виды высокомолекулярных соединений: эластомеры, термопласты и термоэластопласты (ТЭП) [5]. Как модификатор битума хорошо зарекомендовали себя в этой области термоэластопласты на основе бутадиена и стирола типа СБС, введение которых приводит к повышению дуктильности и появлению эластичности у вяжущего [4]. Недостатком применяемых модификаторов является высокая стоимость получаемого полимербитумного вяжущего (ПБВ), которая практически в два раза превосходит цену исходного битума.

Исследования авторов были направлены на изучение возможности использования полиэтилена (ПЭ), полученного при утилизации отходов тары и упаковки, отходов стрейч-пленки (ОСП) и их смесевых композиций для полной или частичной замены при модификации битумов дорогостоящего ТЭП. Также в работе в качестве модифицирующего материала применены регенерат резиновой крошки (РРК) из изношенных автомобильных шин, полученный при различных температурно-временных параметрах обработки в процессе термической девулканизации. Для этого измельчен-

Таблица 1

Параметры процесса девулканизации		Содержание растворимой части, %	Степень девулканизации, %
Температура, °С	Время выдержки, мин		
160	60	36,33	22,57
	90	32,14	22,96
	120	27,84	24,56
200	60	34,13	27,91
	90	37,82	30,29
	120	36,8	31,84
240	60	30	25,8
	90	39,7	27,61
	120	32,75	34,28

Таблица 2

Состав	Пенетрация П25-0,1 мм	Растяжимость, мм	Температура размягчения, °С	Эластичность, %
Норма для ПБВ ГОСТ Р 52056–2003	60	250	54	80
Исходный битум марки БНД 60/90	60	550	47	–
Исходный битум марки БНД 90/130	114	765	46	–
БНД90/130 + ТЭП	111	740	55	61
БНД90/130 + ПЭ	65	245	55	10
БНД90/130 + ОСП	80	245	55	8
БНД60/90 + РРК	92	165	54	35
БНД90/130 + ТЭП + ПЭ	39	370	75	76
БНД90/130 + ТЭП + ОСП	44	620	78	85
БНД60/90 + ТЭП + РРК	48	300	58	60
БНД90/130 + ТЭП + ПЭ + ПААД	66	790	72	83
БНД90/130 + ТЭП + ОСП + ПААД	48	630	60	64
БНД60/90 + ТЭП + РРК + ПААД	44	270	59	62

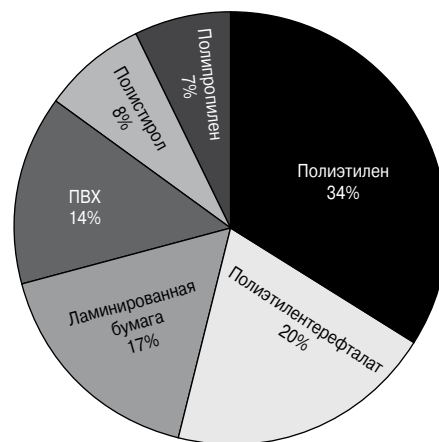


Рис. 1. Диаграмма распределения различных видов отходов пластмасс

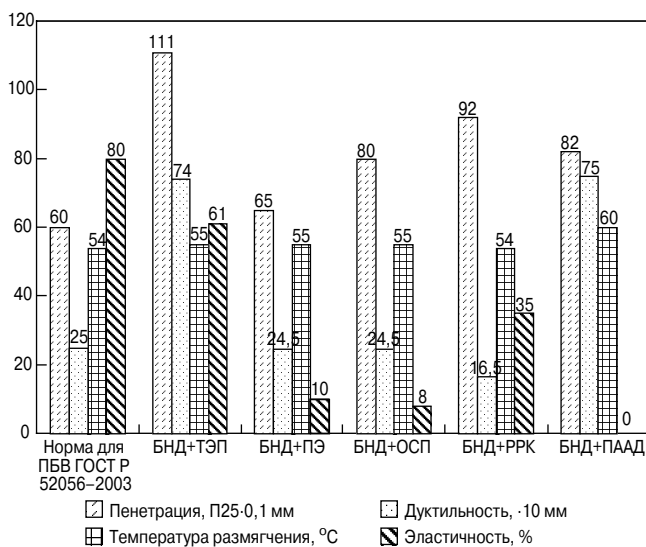


Рис. 2. Диаграмма изменения физико-механических свойств битумов, модифицированных отдельными компонентами

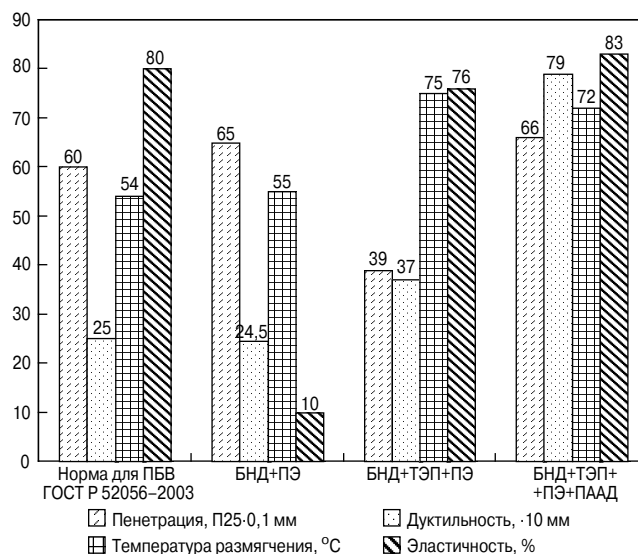


Рис. 3. Диаграмма изменения физико-механических свойств битумов, модифицированных комплексными модификаторами на основе ПЭ

ную до состояния крошки резину автомобильных шин, отделенную от металлических и иных включений, предварительно смешивали с мягчителями и агентами девулканизации и выдерживали в термостате при заданной температуре. Оценку содержания растворимой части и степени девулканизации РРК с изменением технологических параметров процесса девулканизации (время выдержки 60, 90, 120 мин, температура в термостате 160, 200, 240°С) проводили по ацетоновой и хлороформной экстракции в соответствии с ГОСТ-2603–79. В качестве мягчителя и агента девулканизации использовали мазут и стеариновую кислоту, которые были выбраны исходя из экологической безопасности по сравнению с другими активаторами процесса девулканизации.

Для модификации битума полимерными материалами была разработана конструкция смесителя периодического действия. Повышение смесительного воздействия в разработанной конструкции осуществляется с помощью лопастных и пропеллерных насадок, позволяющих создавать интенсивные вертикальные и горизонтальные потоки материала, что обеспечивает более высокое диспергирующее воздействие на материал и интенсифицирует возможные процессы растворения в битуме модифицирующих добавок. Регулирование температуры смесительной камеры осуществляется в широ-

ком диапазоне, что позволяет проводить модификацию различными полимерными материалами.

Оценку физико-механических показателей получаемого модифицированного вяжущего проводили в соответствии с принятыми в РФ стандартами: пенетрация (ГОСТ 11501–78), температура размягчения (ГОСТ 11506–73), дуктильность (ГОСТ 11505–75) и эластичность (ГОСТ Р 52056–2003).

В табл. 1 представлены результаты оценки качественных показателей РРК из изношенных автомобильных шин в зависимости от условий проведения процесса девулканизации.

Как видно из табл. 1, повышение температуры процесса девулканизации и времени выдержки материала приводит к увеличению степени девулканизации получаемого регенерата.

В табл. 2 представлены физико-механические показатели дорожных битумов БНД 60/90 и БНД 90/130, модифицированных вторично используемыми полимерными материалами. Для улучшения качественных показателей модифицированного вяжущего в ряде случаев использовали поверхностно-активные адгезионные добавки (ПААД). В табл. 2 представлены также результаты модификации битума регенератом с наибольшей степенью девулканизации, полученным при температуре 240°С и времени выдержки 120 мин.

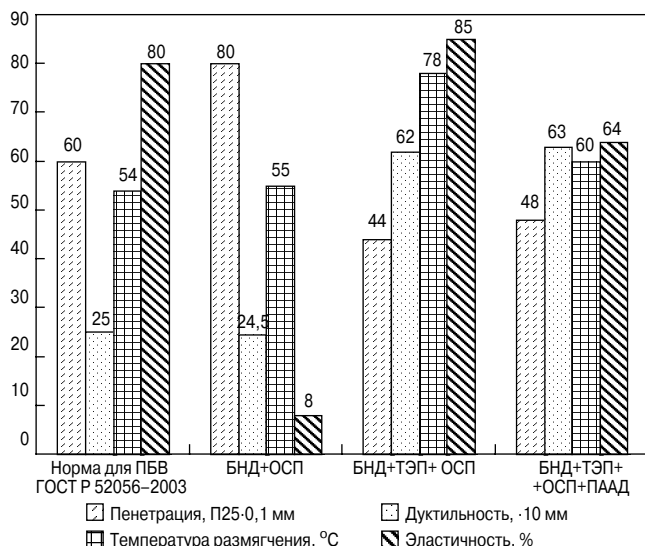


Рис. 4. Диаграмма изменения физико-механических свойств битумов, модифицированных комплексными модификаторами на основе ОСП

На рис. 2 представлена диаграмма изменения физико-механических свойств битумов, модифицированных отдельными компонентами: ТЭП, ПЭ, ОСП, РРК и ПААД.

На рис. 3–5 – диаграммы изменения физико-механических свойств битумов, модифицированных комплексными модификаторами на основе ПЭ, ОСП и РРК.

Анализ данных показывает, что для выбранной климатической зоны и условий эксплуатации автомобильных дорог данного региона наиболее предпочтительным для создания дорожных вяжущих с требуемым комплексом свойств является битум БНД 90/130, модифицированный термоэластопластами типа СБС при их частичной замене более дешевыми полимерными отходами (полиэтилена или стрейч-пленки) с поверхностно-активными адгезионными добавками.

Такое модифицированное дорожное вяжущее по показателю пенетрации аналогично широко используемому в дорожном строительстве битуму БНД 60/90, но при этом обладает по сравнению с ним улучшенными растяжимостью и температурой размягчения. Кроме того, полученное путем модификации полимер-битумное вяжущее приобретает такую важную характеристику, как эластичность, которой исходный битум не обладает.

Использование комплексных модификаторов на основе ПЭ (рис. 3), ОСП (рис. 4), РРК (рис. 5) по сравнению с модификацией отдельными компонентами смесевой композиции (рис. 2) позволяет получить вяжущее со свойствами, не уступающими по показателям, требуемым для ПБВ (ГОСТ Р 52056–2003) на основе стирольных и бутадиен-стирольных каучуков, но обладающих существенно более низкой себестоимостью.

Таким образом, использование комплексных модификаторов на основе вторичного полимерного сырья при модификации нефтяных дорожных битумов позволяет направленно изменять физико-механические показатели дорожного вяжущего, существенно снижать себестоимость получаемых ПБВ, одновременно решая проблемы утилизации отходов полимерных материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (шифр 7.3766.2011) по теме «Разработка энергоэффективной технологии и оборудования утилизации отходов полимерной тары и упаковки» и в рамках научной школы (НШ 01.2012.05 ТГТУ) от 28.05.2012 г. «Теория и практика устойчивого развития природопромышленных систем. Проектирование

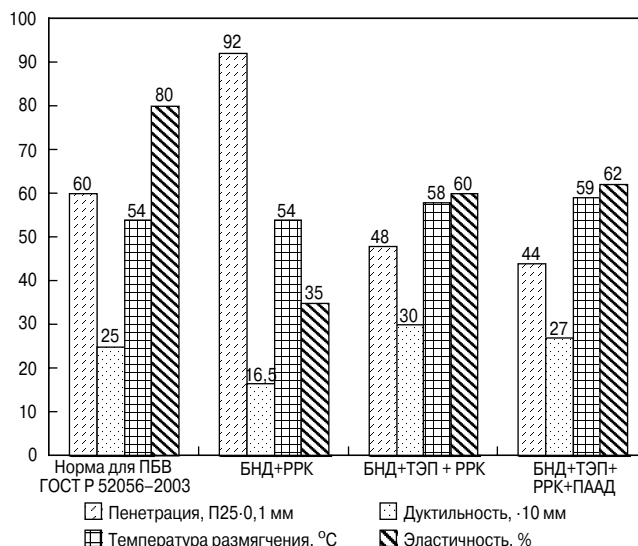


Рис. 5. Диаграмма изменения физико-механических свойств битумов, модифицированных комплексными модификаторами на основе РРК

региональных утилизирующих комплексов, технологий и оборудования».

Ключевые слова: модификация битума, полимер-битумное вяжущее, отходы полимеров.

Список литературы

1. Хазова Т.Н. Российский рынок полимеров: тренды развития // Полимерные материалы. Изделия, оборудование, технологии. 2011. № 141. С. 48–50.
2. Шаповалов Ю.Н., Скляднев Е.В., Андреев В.А. и др. Новые технологии переработки различных видов отходов // Твердые бытовые отходы. 2011. № 1. С. 20–27.
3. Хозин В.Г., Порфирьева Р.Т., Фомин А.Ю. и др. Экологичная технология битумполисульфидных вяжущих // Вестник Казанского технологического университета. 2004. № 1. С. 375–376.
4. Калгин Ю.И. Дорожные битумо-минеральные материалы на основе модифицированных битумов. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2006. 272 с.
5. Соломенцев А.Б. Классификация и номенклатура модифицирующих добавок для битумов // Наука и техника в дорожной отрасли. 2008. № 1. С. 14–15.

ПОДПИСКА

НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ

журнала «Строительные материалы»®



<http://ejournal.rifsm.ru/>



Международная специализированная выставка

КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ

26 – 28 февраля 2013

Москва, МВЦ Крокус Экспо, павильон 1, зал 1

ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

- ❖ сырье и компоненты для производства клеев и герметиков
- ❖ технологии производства адгезивных материалов
- ❖ герметизирующие и клеевые составы: клеи-расплавы, полиуретановые клеи, гибридные герметики, эпоксидные клеи, конструкционные адгезивы и др.
- ❖ упаковка и хранение
- ❖ оборудование, применяемое при склеивании и герметизации
- ❖ технологии склеивания и герметизации
- ❖ подготовка поверхностей для склеивания
- ❖ сертификация и контроль качества

Оргкомитет:

115533, Россия, Москва, пр. Андропова, 22
Тел./факс: 8 499 618 05 65, 8 499 618 36 83, 8 499 618 3688
E-mail: sealant@mirexpo.ru | Сайт: www.mirexpo.ru

ОРГАНИЗАТОР:

Выставочная
компания



ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА:

В рамках выставки проводится научно-практическая конференция: "Современные технологии производства и применения клеевых и герметизирующих материалов".

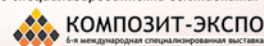
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР:

Журнал «Клеи. Герметики. Технологии»

Выставка проводится одновременно со специализированными выставками:



5-я международная специализированная выставка



6-я международная специализированная выставка

МЕЖДУНАРОДНАЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ВЫСТАВКА

26 февраля -
1 марта
2014

Россия
Краснодар
Зиповская, 5



АРХИТЕКТУРА • СТРОИТЕЛЬСТВО • ИНТЕРЬЕР

Получите электронный билет на сайте
www.yugbuild.com

YugBuild

ГЛАВНОЕ СОБЫТИЕ
СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ
ЮГА РОССИИ



Россия
ООО «КраснодарЭКСПО»
Т +7 861 200 1234
E yugbuild@krasnodarexpo.ru

Генеральный партнер



Мировой стандарт

Генеральный спонсор



Спонсор раздела
«Инженерное оборудование,
Вентиляция»



Всегда на Вашей стороне

Официальный
информационный партнер



OKSP.ru

А.А. ЛУКАШ (mr.luckasch@yandex.ru), Г.В. ГЛОТОВ, Т.И. ГЛОТОВА, кандидаты техн. наук, Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Обеспечение стабильности размеров и форм рельефной фанеры при ее эксплуатации

Новые древесные материалы – рельефная фанера, композиционная профильная фанера, плита фанерная ячеистая и ячеистая стеновая панель из древесных материалов могут применяться при строительстве недорогих быстровозводимых деревянных домов коттеджного типа [1, 2]. А разноцветные стеновые панели и двери придадут уют и комфорт жилому помещению [3]. Совершенствование производства древесных материалов для деревянного домостроения будет способствовать успешному выполнению государственной программы «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» [4].

Рельфная фанера формируется с использованием разнотолщинной в поперечном сечении пресс-формы, в результате чего на ее лицевой поверхности получается объемный рисунок [5]. Однако при установке пресс-формы на нижнюю нагревательную плиту затрудняется загрузка и выгрузка собранного пакета в пресс. Закрепление пресс-формы на верхней нагревательной плите весьма сложно. Более простым способом изготовления рельефной фанеры является применение съемной накладки со сквозными фигурными прорезями, образующими требуемый рельефный рисунок. Накладка перед склеиванием устанавливается на собранный пакет шпона и снимается с него сразу после склеивания, что позволяет снизить трудоемкость технологического процесса. На рис. 1 и 2 показаны соответственно рельефная фанера, изготовленная новым способом, и вариант отделки помещения этой фанерой. Рисунок на лицевой поверхности рельефной фанеры образуется из-за различия в толщине фанеры по сечению. Разница в толщине рельефной фанеры получается из-за различной величины упрессовки на участках выступов и впадин. Наибольшее отличие, когда упрессовка фанеры на участках выступов будет максимальной, а

упрессовка участков впадин минимальной или близкой к нулю.

Основным отличием рельефной фанеры от фанеры общего назначения является наличие выдавленного пресс-формой рисунка на ее лицевой поверхности. Чем сильнее виден рисунок (чем больше он выделяется), тем лучше будет качество рельефной фанеры. Четкость выделения рельефа определяется разницей толщины фанеры, склеенной на участках впадин (H_1) и выступов пресс-формы (H_2). Эта разница толщин (H_p) и определяет качество (глубину) рельефа (рис. 3):

$$H_p = H_1 - H_2. \quad (1)$$

В процессе эксплуатации рельефная фанера должна сохранять размеры и форму, полученные при склеивании. Целью данных исследований является установление условий, при которых произойдет полное или частичное восстановление (распрессовка) объемного рисунка на лицевой поверхности рельефной фанеры.

В процессе склеивания пакет шпона подвергается воздействию температуры и давления со стороны нагревательных плит пресса. В результате этого воздействия древесина деформируется. Чем больше величина давления и температуры, тем больше будет эта деформация.

Деформированию древесины способствуют одновременное воздействие температуры и влажности. Лигнин и гемицеллюлозы изменяют свое качественное состояние, с повышением температуры и влажности они размягчаются. Наибольшие деформации возникают при температуре, близкой к 100°C . Сжатие сухой древесины протекает главным образом за счет остаточной деформации, а сжатие древесины при точке насыщения волокна влагой протекает в основном за счет упругой деформации. Листы шпона после нанесения на них клея имеют влажность около 15%. Поэтому при склеивании фанеры в древесине будут возникать одновременно упругие и остаточные деформации. Упругие деформации способствуют восстановлению первоначальных размеров. Остаточные деформации фиксируют толщину и образуют объемный рисунок на лицевой поверхности рельефной фанеры.

Древесина, нагретая и деформированная в состоянии значительной эластичности после охлаждения, «застывает» в новой форме, приобретая при этом физико-механические свойства более прочной натуральной древесины. Остаточная деформация,

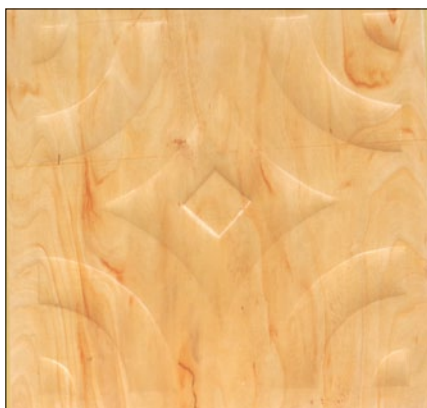


Рис. 1. Рельфная фанера, изготовленная с применением съемной накладки

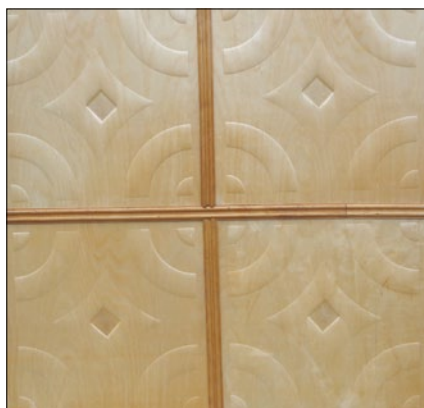


Рис. 2. Вариант отделки помещения рельефной фанерой



Рис. 3. Схема определения глубины рельефа

полученная сжатием поперек волокон, при увлажнении древесины перерождается в значительной своей части в упругую. Это перерождение протекает особенно интенсивно при одновременном нагреве и увлажнении древесины, как, например, при пропаривании. Нагрев сухой древесины без ее увлажнения практически не оказывает влияния на остаточную деформацию, которая у древесины приобретает значение устойчивой величины из-за наличия большого внутреннего трения между частями древесины. При увлажнении происходит снижение внутреннего трения, остаточные деформации теряют свое устойчивое положение и переходят в упругие. Таким образом, для перехода остаточной деформации в упругую необходима влага.

Теоретические и практические исследования показали, что в процессе деформации элементы клеток изменяются. Межклеточные пространства заполняются наружными и промежуточными слоями клеток, а внутренний губчатый слой, который представлен лигнином, под воздействием температуры коагулирует и способствует «цементации» клеток в сжатом положении. Полученная структура представляет собой прочный монолитный слой, который затрудняет разбухание деформированной древесины после увлажнения.

Нагрев при наличии значительного количества связанной влаги является своеобразным катализатором этого перехода.

Важное значение в сохранении стабильности форм и размеров рельефной фанеры имеет клей. Процесс «цементирования» древесины усиливает проникновение клея в межклеточное пространство. Клей после отверждения придает клеткам дополнительную прочность и обеспечивает частичную защиту от проникновения влаги.

На рис. 4 показано поперечное сечение склеенной фанеры на участке впадин пресс-формы. Граница клеевого слоя четкая, но небольшие микронеровности делают клеевой слой прерывистым. Темные круглые участки на рисунке свидетельствуют о проникновении клея в сосуды древесины на глубину до 0,1 мм.

На рис. 5 показано поперечное сечение склеенной фанеры на участке выступов пресс-формы. Отчетливо видна зона древесины, пропитанной клеем. Глубина проникновения клея до 0,3 мм, причем интенсивность пропитки с удалением от поверхности снижается.

При исследовании механизма восстановления древесины от воздействия различных сред (воды, аммиачной воды, пара) установлено, что обработка склеенной фанеры паром при температуре 120°C более 5 мин приводит к частичному восстановлению толщины фанеры (распрессовке). Также восстановлению толщины фанеры способствует нанесение аммиачной воды на поверхность склеенной фанеры.

Для определения возможных условий эксплуатации образцы рельефной фанеры выдерживали в воде при 20°C. Контролирующим фактором было разбухание по толщине, которое через 6 ч выдержки в холодной воде составило от 24 до 30%. В образцах из зоны впадин пресс-формы отмечалось даже частичное расслоение листов шпона.

Наблюдение в течение 10 лет за толщиной рельефной фанеры, находящейся в отапливаемом сухом помещении, показало изменение в пределах статистической погрешности.

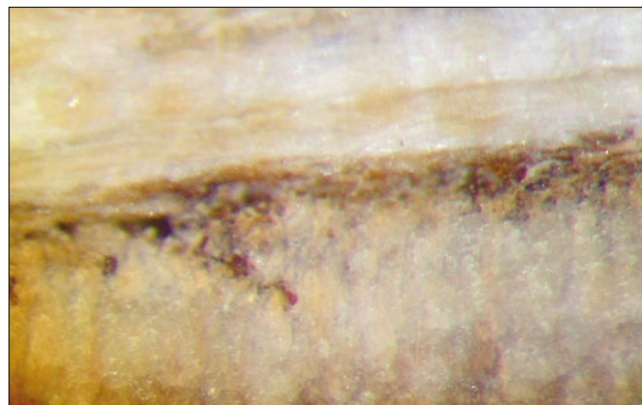


Рис. 4. Поперечное сечение фанеры, склеенной на участке впадин пресс-формы

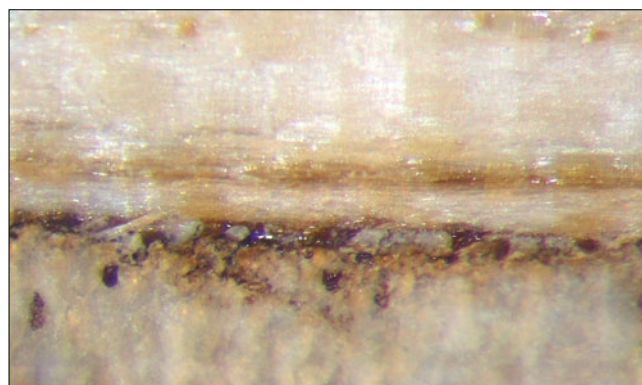


Рис. 5. Поперечное сечение фанеры, склеенной на участке выступов пресс-формы

Таким образом, установлено:

- эксплуатировать рельефную фанеру необходимо в помещениях, исключая ее увлажнение, так как при длительном воздействии воды остаточные деформации переходят в упругие, зона с наибольшей упругостью восстанавливается, вследствие чего рельефная фанера теряет свою форму и расслаивается;
- рельефная фанера, которая эксплуатируется в сухих отапливаемых помещениях, в течение длительного времени сохраняет свои размеры и форму.

Ключевые слова: рельеф, фанера, склеивание, эксплуатация, древесина, деформации, пресс-форма, увлажнение.

Список литературы

1. Лукаш А.А., Дьячков К.А. Строительные изделия из измельченной древесины // Строительные материалы. 2009. № 1. С. 54–55.
2. Лукаш А.А., Плотников В.В., Савенко В.Г., Ботаговский М.В. Новые строительные материалы – рельефная фанера и плита фанерная ячеистая // Строительные материалы. 2006. № 12. С. 38–39.
3. Лукаш А.А., Свиридова Е.А., Уливанова Е.В. Разноцветные стеновые панели и дверные филленки // Жилищное строительство. 2012. № 12. С. 7–9.
4. Лукаш А.А., Гришина Е.С. Дома из оцилиндрованных бревен: перспективы производства, недостатки и пути их устранения // Строительные материалы. 2013. № 4. С. 109–110.
5. Серпик И.Н., Алексейцев А.В., Лукаш А.А. Методика анализа деформаций формообразования рельефной фанеры // Строительные материалы. 2012. № 12. С. 31–33.

Обсуждение научным сообществом нового научного направления – геоники

Белгородская область – регион с развитым строительным-промышленным комплексом, входящий в первую десятку российских регионов по инвестиционной привлекательности; один из самых благоустроенных регионов в России. По темпам жилищного строительства и обеспеченности населения жильем область относится к одной из наиболее передовых в стране, по вводу жилья на душу населения входит в первую пятерку субъектов РФ.

Ежегодно в Белгородской области вводится в эксплуатацию более 1 млн м² общей жилой площади. В 2012 г. объем строительства в Белгородской области позволил региону выйти на второе место в ЦФО после Москвы. Увеличилось производство стройматериалов местными предприятиями. В настоящее время на территории области действует более 200 предприятий по производству строительных материалов, изделий и конструкций, из них 45 крупных. Активным участником строительного комплекса Центрального федерального округа является БГТУ им. В.Г. Шухова. Вуз не только осуществляет подготовку высококлассных специалистов, но и разрабатывает новые, инновационные материалы.

В сентябре 2013 г. в Белгородском государственном техническом университете им. В.Г. Шухова состоялась международная научная конференция «*Эффективные композиты для архитектурной геоники*». В мероприятии приняли участие представители более 30 вузов РФ и стран СНГ. На пленарном заседании по поводу открытия конференции чл.-корр. РААСН, зав. кафедрой строительного материаловедения, изделий и конструкций БГТУ им. В.Г. Шухова д-р техн. наук, профессор В.С. Лесовик рассказал, что геоника как наука появилась относительно недавно, однако уже успела получить развитие. Геоника — это научное направление, цель которого — концентрация и использование знаний о процессах, происходящих в естественных (природных) условиях, для решения масштабных инженерных задач, разработка общих принципов управления развитием объектов неорганического мира. Реализация нового научного направления позволит не только расширить сырьевую базу материалов, но и разработать новые технологии их производства. А это в итоге позволит повысить уровень качества пребывания человека в окружающей среде [1]. Валерий Станиславович подчеркнул также, что разработками белгородских ученых уже заинтересовались специалисты ряда российских вузов, представители Германии, Франции, Южной Африки. Недавно был соз-



В.С. Лесовик, А.Ф. Бурьянов, Ю.М. Баженов

дан информационный портал, который позволит обмениваться накопленным в ходе экспериментов опытом, обсуждать возникающие по ходу исследований вопросы. Ректор БГТУ им. В.Г. Шухова д-р техн. наук, профессор С.Н. Глаголев сообщил, что в скором времени силами университета будет издан учебник по геонике.

На пленарном заседании выступил академик РААСН, д-р техн. наук, профессор Московского государственного строительного университета Ю.М. Баженов, который раскрыл перспективы развития строительного материаловедения. Он отметил, что цель геоники не в подражании природным материалам, а в создании новых, более прочных и экологичных. В решении этих задач большое место уделяется нанотехнологиям и наноматериалам. Управление производством с помощью нанотехнологий для получения материалов заданных свойств, регулирование производства под поставленную заказчиком задачу — недалекое будущее материаловедения.

На теории конгломератных строительных композитов заострил внимание академик РААСН, д-р техн. наук, профессор Воронежского государственного архитектурно-строительного университета Е.М. Чернышов. Евгений Михайлович показал, что управляемое наномодифицирование материала определяется комплексом средств, в составе которых существенную роль играют механизмы, предопределяемые применением наноразмерных добавок. Возможных «нано-инструментов» для



Е. М. Чернышов



Х.-Б. Фишер



Г.В. Есаулов



создания высококачественных строительных композитов много, подходы разнообразны, и они позволяют рассчитывать на эффективные инновационные технологические решения, полезные для широкой номенклатуры строительных материалов [2].

Профессор Ф.А. Фингер-института строительной Баухаус-университета г. Веймара (Германия) Х.-Б. Фишер рассказал о гипсовых композитах для архитектурной геоники [3].

Выступление академика РААСН, доктора архитектуры, главного ученого секретаря РААСН, профессора Московского архитектурного института Г.В. Есаулова вызвало большой интерес участников пленарного заседания. На примере уже построенных архитектурных объектов Георгий Васильевич сформулировал проблемы разработки новой технологии формирования гуманной среды; разработки новых типов зданий для различных групп населения; перехода на рейтинговые системы оценки качества построек (1 марта 2013 г. введен новый ГОСТ Р 54964–2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости»); технологии управления и реализации (разработка новых систем жилых единиц); охраны исторического наследия (панорама городов); энергоэффективности и экологичности зданий. Особенное внимание было уделено влиянию компьютера как инструмента проектирования на архитектурное творчество. Георгий Васильевич отметил, что невиданные возможности компьютерного проектирования порождают невиданные опасности. «Человек перестает творить! Работа с компьютером приводит к штампам!», тем не менее именно современные компьютерные технологии помогли провести конференцию в формате вебинара, что позволило сделать доклады ученым из девяти стран мира. Например, в режиме он-лайн профессор из Саудовской Аравии М. Хусейн рассказал о зеленых зданиях и материалах.

Отрадно было наблюдать интерес участников конференции, а особенно студентов и аспирантов, к организованной научно-технической библиотекой БГТУ и приуроченной к проведению конференции выставке периодической научно-технической литературы. Журналы «Строительные материалы» и «Жилищное строительство» занимали ведущую позицию среди российских профессиональных периодических изданий. В настоящее время они являются, по словам работников библиотеки, любимыми и самым востребованными журналами белгородских ученых и студентов. Оказывается, не всегда электронная версия более полезна, чем печатное издание. Особенно когда речь идет о научной литературе, где много таблиц, формул, графиков. В настоящее время журнал «Строительные материалы» занимает первое место в рейтинге SCINSE INDEX-2011

по строительству и архитектуре (пятилетний импакт-фактор 0,24), а журнал «Жилищное строительство» – седьмое место (пятилетний импакт-фактор 0,146). Оба журнала имеют более чем 55-летнюю историю и являются ведущими профессиональными рецензируемыми изданиями в РФ по строительству и архитектуре.

В последние годы чтение стало терять статус национальной культурной традиции, что повлекло за собой качественное снижение уровня грамотности населения, особенно в молодежной среде. Незнание профессиональной периодики стало обычным делом. Появились ссылки на так называемый «отраслевой глянец»: публикации в таких журналах редко бывают оригинальными, в основном это ловкие компиляции ранее опубликованных статей, перелицованные доклады конференций, популярное изложение актуальных проблем; статьи в них, как правило не рецензируются: во-первых, в информационно-рекламных журналах этим не занимаются, а во-вторых, им и без рецензии стоит большого труда заманить известного специалиста. Так в связи с упрощенностью и доступностью (многие рекламно-информационные журналы распространяются бесплатно) они становятся едва ли не основным источником знания для студентов, и даже аспирантов. Руководители дипломных, а тем более кандидатских работ обязаны требовать обращения к специализированной литературе, к новейшей профессиональной периодике.

Одновременно с конференцией в БГТУ им. В.Г. Шухова состоялось заседание совета молодых ученых и специалистов РААСН. В рамках мероприятия обсуждались вопросы, связанные с масштабной реорганизацией деятельности государственных академий наук. Куратор совета молодых ученых Г.В. Есаулов осветил вопросы, связанные с деятельностью и перспективами развития РААСН – Российской академии архитектуры и строительных наук, одной из шести государственных отраслевых академий. Георгий Васильевич рассказал о тех крупных направлениях, над которыми ведется работа: экология городов, история градостроительства, создание новых строительных материалов и многое другое. Академик остановился на вопросах взаимодействия академической и вузовской науки. И в связи с этим рассмотрены вопросы, посвященные развитию молодежных научных направлений в Белгородской области: в настоящее время идет работа над созданием сайта «Вузовская наука»; в ближайшее время начнет работу Центр высоких технологий и новых материалов, где будет установлено самое современное оборудование. У студентов и молодых ученых университета появится дополнительная возможность проведения научных исследований.

Проведение конференций с приглашением ученых с мировым именем, а тем более организация их лекций для большого числа студентов и аспирантов являются бесспорным профессионализмом. Посетившие мероприятие молодые специалисты могут гордиться общением с академиками РААСН.

Список литературы

1. Лесовик В.С. Архитектурная геоника // Жилищное строительство. 2013. № 1. С. 9–12.
2. Артамонова О.В., Чернышов Е.М. Концепции и основания технологий наномодифицирования структур строительных композитов. Часть 1. Общие проблемы фундаментальности, основные направления исследований и разработок // Строительные материалы. 2013. № 9. С. 82–90.
3. Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Крутиков В.А., Макарова И.С., Мачюлайтис Р., Фишер Х.-Б., Бурьянов А.Ф. Газобетон на основе фторангидрита, модифицированный углеродными наноструктурами // Строительные материалы. 2009. № 3. С. 70–72.

А.Г. ПЕРЕХОЖЕНЦЕВ, д-р техн. наук,
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Моделирование температурно-влажностных процессов в пористых строительных материалах. Часть 10.

Расчет коэффициента влагопроводности влажных пористых материалов в зависимости от температуры и влагосодержания

Представляя пористый материал как гетерогенную систему, состоящую из твердого компонента (скелета) и пористого пространства, заполненного воздухом, жидкой, твердой или парообразной (в зависимости от влагосодержания и температуры) фазой воды, можно прогнозировать изменение коэффициента диффузии влаги во влажном пористом материале в зависимости от влагосодержания и температуры. Свойства воды и влажного воздуха в рабочем диапазоне температур от -50 до +50°C достаточно хорошо исследованы [1–3]. Если принять допущение, что свойства скелета при изменении температуры в указанных пределах изменяются настолько незначительно, что ими можно пренебречь, а температура влажного воздуха и воды при термодинамическом равновесии равна температуре скелета, то изменение влагопереноса влажного пористого материала в зависимости от температуры будет происходить в соответствии с изменением свойств воды и влажного воздуха.

Коэффициент диффузии при различной температуре можно рассчитать по формуле [4]:

$$a_w = \frac{1,863 \cdot 10^{-4} (T/273)^{1,81} (0,101/P_B)}{(dw/dp)_T (1-p_1/P_B) T \cdot dl} \int_{r_0}^{r_{\max}} f_V(r) dr + \frac{0,096 \cdot \sigma_r \cdot m_2^S}{\gamma_0 \cdot \eta_r \cdot r_i^2 (\partial w / \partial r)} \int_{r_0}^{r_{\max}} \frac{h_i^3(r)}{r_i} f_V(r) dr + \frac{0,009 \cdot \sigma_r \cdot m_2^a}{\gamma_0 \cdot \eta_r \cdot r_i^2 (\partial w / \partial r)} \int_{r_0}^{r_{\max}} r_i^2 \cdot f_V(r) d, \quad (1)$$

где h_i — толщина смачиваемой пленки; η_r — вязкость воды; σ_r — поверхностное натяжение жидкой фазы; γ_0 — объемная масса сухого материала; P_B — барометрическое давление; m_2, dl — подгоночные коэффициенты.

Основными параметрами воды, которые входят в расчетную формулу (1) и зависят от температуры, являются поверхностное натяжение σ и вязкость η . Однако если поверхностное натяжение воды в рассматриваемом диапазоне температуры изменяется незначительно, например, по справочным данным [2], от $69,55 \cdot 10^{-3}$ Н/м

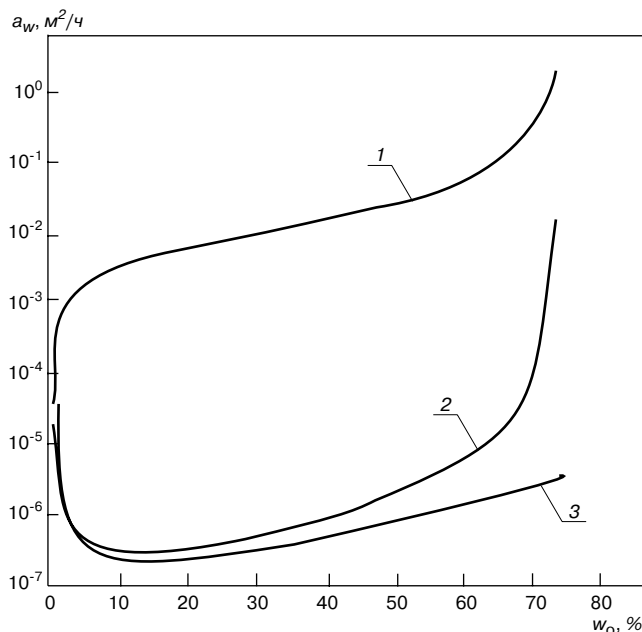


Рис. 1. Изменение коэффициентов диффузии влаги в минераловатной плите в зависимости от влагосодержания и температуры: 1 – с учетом перемещения объемной влаги при температуре $t=+20^\circ\text{C}$; 2 – только пленочной и парообразной влаги при $t=+20^\circ\text{C}$; 3 – кривая диффузии влаги с учетом всех видов влагопереноса при температуре -10°C

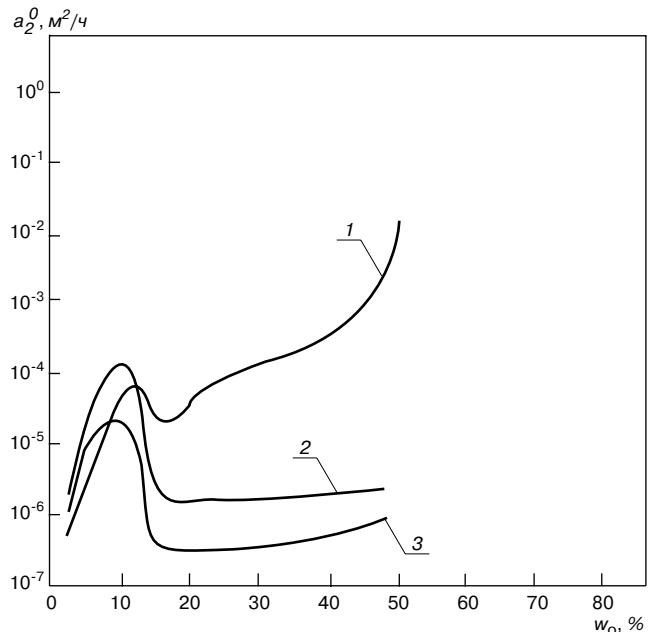


Рис. 2. Изменение коэффициента объемной диффузии влаги в керамзитобетоне ($\rho_0=1350$ кг/м³) в зависимости от влагосодержания и температуры при: 1 – $+20^\circ\text{C}$; 2 – -10°C ; 3 – -20°C

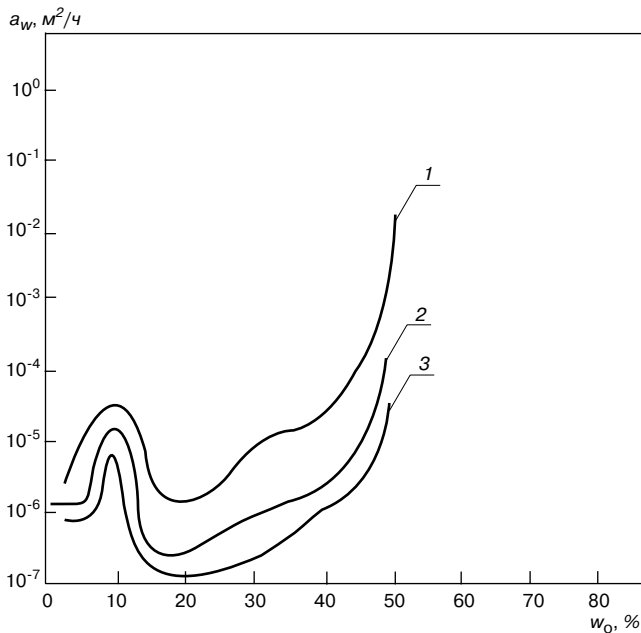


Рис. 3. Изменение коэффициента диффузии пленочной и парообразной влаги в керамзитобетоне (1350 кг/м³) в зависимости от влагосодержания и температуры: 1 – +20°C; 2 – -10°C; 3 – -20°C

при температуре +40°C до 83,1·10⁻³ Н/м при -40°C, то вязкость воды при положительной температуре значительно отличается от вязкости переохлажденной в порах материала при отрицательной температуре жидкости (при -40°C вязкость увеличивается в 27,38 раза). Кроме того, часть объемной капиллярной влаги при отрицательной температуре замерзает, следовательно, эта часть воды исключается из диффузии. Поэтому при определении температурной зависимости коэффициента диффузии влаги очень важно выявить, будет ли в этом процессе участвовать объемное перемещение капиллярной влаги либо будет перемещаться лишь пленочная и парообразная влага, что характерно для ограждающих конструкций зданий. Коэффициенты диффузии и их температурные зависимости для пленочной и объемной капиллярной влаги будут сильно различаться.

Очень наглядно это можно продемонстрировать на примере минеральной ваты. На рис. 1 представлены зависимости коэффициента диффузии влаги от объемной влажности в минераловатных плитах плотностью 350 кг/м³. Как видно, разница между коэффициентами диффузии при положительной и отрицательной температурах для кривых 1 и 3 начинается уже при незначительном влагосодержании (объемная влага замерзнет), а для кривых 2 и 3 существенное различие в коэффициентах наблюдается лишь при влажности большей 47%, т. е. когда насыщение материала становится настолько значительным, что некоторая часть конденсата замерзает.

На рис. 2 приведены зависимости коэффициента объемной диффузии влаги a_2^0 от объемной влажности керамзитобетона при различной температуре. При -10°C и влажности 16% часть конденсата замерзает и коэффициент диффузии уменьшается на значительную величину (более чем на порядок при $w_0=16\%$ и на два порядка при $w_0=40\%$). При понижении температуры до -20°C дальнейшее уменьшение коэффициентов диффузии происходит уже в основном вследствие увеличения вязкости переохлажденной воды в порах материала.

При рассмотрении диффузии влаги в пористых материалах в виде жидкой пленки и водяного пара температурные зависимости коэффициента диффузии имеют несколько иной характер. На рис. 3 приведены кривые изменения коэффициента диффузии того же керамзитобетона

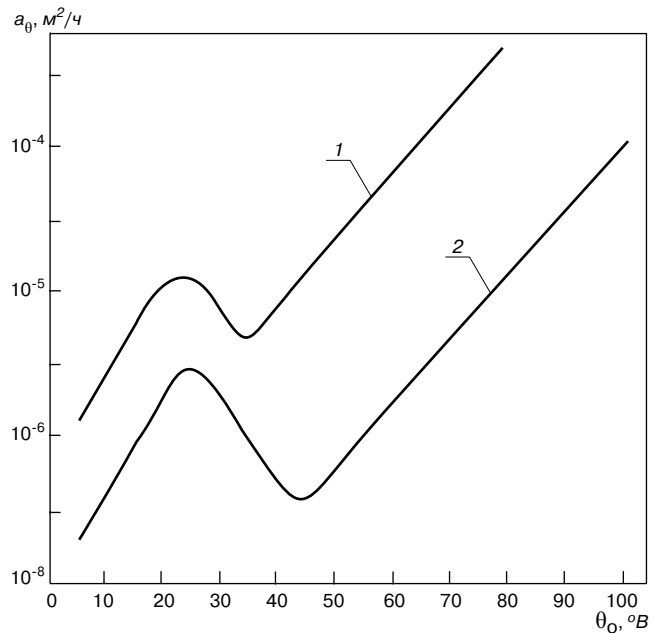


Рис. 4. Зависимость коэффициента диффузии пленочной и парообразной влаги a_θ в керамзитобетоне от потенциалов влагопереноса при температуре: 1 – +20°C; 2 – -20°C

без учета перемещения объемной влаги при тех же температурах. Участки кривых, характеризующие перенос парообразной влаги при увлажнении материала до 10%, мало изменяются при понижении температуры. Появление жидкого конденсата и закупоривание пор, с одной стороны, приводят к уменьшению коэффициента диффузии даже при положительной температуре, а с другой — с появлением жидкой влаги происходит снижение диффузии влаги при отрицательной температуре вследствие увеличения вязкости и поверхностного натяжения воды. На рис. 3 можно наблюдать почти параллельное смещение кривых в сторону уменьшения коэффициента диффузии.

Коэффициент диффузии влаги a_θ , отнесенный к потенциалу влагопереноса, имеет более простую зависимость, состоящую из нескольких прямолинейных участков. Так, для такого сложного композитного материала, как керамзитобетон, эта зависимость имеет три прямолинейных участка (рис. 4).

Как видно на рис. 4, коэффициент диффузии a_θ (аналог a_w) уменьшается при изменении температуры от +20 до -20°C, а кривые почти параллельно смещаются вниз по шкале a_θ . Начальный участок кривых (до $\theta \approx 22^\circ\text{В}$), отмечающий рост диффузии парообразной влаги; участок, показывающий уменьшение коэффициентов диффузии вследствие закупоривания мелких пор (до 38–40°В), и участок образования менисков и подвижных пленок (при потенциалах более 42°В) наблюдаются и для переохлажденной воды при температуре -20°C.

Ключевые слова: влажные пористые материалы, коэффициенты влагопроводности.

Список литературы

1. Перехоженцев А.Г. Теоретические основы и методы расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций зданий. Волгоград: ВолгГАСУ, 2008. С. 177.
2. Александров А.А., Трахтенгерц М.С. Теплофизические свойства воды при атмосферном давлении. М.: Госэнергоиздат, 1977. С. 24–32.
3. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Физматгиз, 1963. 708 с.
4. Кухлинг Х. Справочник по физике. М.: Мир, 1985. 520 с.

Building & Interiors

- Строительные материалы и Оборудование ▪ Инструменты и Крепеж
- Загородный дом ▪ Напольные покрытия ▪ Архитектурный и декоративный свет. Электрика ▪ Декор окна. Декоративный текстиль. Солнцезащита ▪ Интерьер. Отделочные материалы. Дизайн
- Двери и Замки ▪ Краски и Покрытия ▪ Обои

Строительство. Интерьер

1 – 4 апреля 2014

Москва, ЦВК «Экспоцентр»

Подробнее на сайте
www.mosbuild.com

MosBuild 20 лет –
строим будущее
вместе!

Главная строительная и
интерьерная выставка России

MosBuild

Архитектура ▪ Строительство ▪ Дизайн ▪ Декор



Генеральная
деловая газета:

ВЕДОМОСТИ
RUSSIAN BUSINESS & FINANCE TIMES

Официальный
информационный партнер:

НЕДВИЖИМОСТЬ
РИА ЭКСПОЦЕНТР

При поддержке:

Коммерсантъ



И.Я. ГНИП, С.И. ВАЙТКУС, С.А. ВЕЯЛИС, Ю.С. ВАЛИВОНИС, кандидаты техн. наук, Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва)

Исследование ползучести полистирольного пенопласта (EPS)* при постоянном сжимающем напряжении с использованием статистического планирования эксперимента

При применении полистирольного пенопласта в ограждающих конструкциях является актуальным совершенствование методов их расчета с более детальным учетом показателей деформируемости пенополистирольного (ППС) слоя. Одним из основных видов напряженного состояния ППС, применяемого в качестве теплоизоляционно-конструкционного материала, является сжатие, а работоспособность пенопласта в большинстве случаев зависит не от прочностных показателей, а от его деформируемости. Для эффективного применения ППС как конструкционного материала необходимо изучение явления ползучести при действии постоянной сжимающей нагрузки.

Согласно ГОСТ [1] для исследования ползучести рекомендуются образцы квадратной формы с размерами 50, 100, 150, 200, 300 мм и высотой, равной толщине изделий (размеры образцов в плане не должны быть меньше их толщины). Декларирование уровня ползучести ППС в настоящее время в основном осуществляется на образцах 50×50×50 мм [2].

Результаты стандартных испытаний часто не коррелируют с поведением конструкционного материала в реальных условиях.

Целью выполненных исследований являлась оптимизация толщины образцов ППС изделий различной прочности на сжатие для определения деформаций ползучести при постоянном сжимающем напряжении.

В статье представлены результаты длительных испытаний при постоянном сжатии образцов плит EPS 80, EPS 120 и EPS 150 плотностью 15–24 кг/м³, изготовленных одним и тем же производителем беспрессовым способом – вспениванием в замкнутом объеме сырья в виде бисера (твердых гранул). В частности, применено для плит EPS 150 сырье F 295 фирмы BASF (Ø1–2,3 мм), EPS 100 сырье F 215N фирмы BASF (Ø1–2 мм) и EPS 80 сырье NF-514 фирмы STYROCHEM (Ø1,4–2,5 мм).

Экспериментальное определение деформаций ползучести при постоянном сжимающем напряжении в направлении перпендикулярном поверхности плит, из которых их вырезали, выполнено на образцах согласно ГОСТ [1].

Испытывали образцы квадратного сечения со стороны $b=100$ мм и толщиной d , такой же как и испытуемые ППС плиты – 50, 75 и 100 мм (принято согласно [1]). Размеры образцов определяли в соответствии с [3], а их плотность – согласно [4].

Для сравнительных оценок результатов исследований ползучести проводили испытания на кратковре-

менное сжатие образцов ППС плит согласно [5]. Кратковременное сжатие образцов проводили на компьютеризованной испытательной машине H10KS (Hounsfield, Англия); скорость нагружения $(0,1d \pm 25\%)$ мм/мин [5], погрешность силоизмерения 1–11 Н. Точность измерения продольной деформации образцов по перемещению траверсы 0,01 мм. Длина мерной базы равна начальной высоте образца при удельной нагрузке 250 Па.

В качестве критерия оценки деформируемости ППС плит при длительном сжатии использовали деформацию ползучести описанных выше образцов. Измерение проводили на специальных стендах [1], обеспечивающих вертикальность и постоянство равномерно сжимающей нагрузки в течение фиксированного интервала времени $t_n=122$ сут. Образцы загружали по геометрическому центру через стальные шарики, размещенные в лунках подвижных пластин для равномерного распределения нагрузки. Загружение каждого образца осуществляли в течение 10 ± 5 с, а начальную деформацию ϵ_0 фиксировали спустя 60 ± 5 с после начала нагружения и принимали за начало ползучести. Деформацию каждого образца измеряли с помощью индикаторов часового типа ИЧ-50, ИЧ-25 с ценой деления 0,01 мм. Длина базы измерения равна высоте образца d при удельной нагрузке 250 Па. Погрешность стабилизации длительного сжимающего напряжения $\sigma_c^{**}=0,35\sigma_{10\%}$ составляла не более 1%, а измерения деформаций ползучести – 0,005 мм. Снятие отсчетов по индикаторам осуществляли в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р ЕН 1606.

Исследования выполнены при температуре окружающего воздуха $23 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности $50 \pm 5\%$.

На основании опытных данных испытания ППС образцов на кратковременное сжатие в работе приведены средние значения напряжения $\bar{\sigma}_{10\%}$, соответствующего 10% деформации сжатия [2, 5].

Статистическая обработка экспериментальных данных при длительном сжатии выполнена для продолжительности прямого эксперимента $t_n=122$ сут. Значения относительных деформаций ползучести $\epsilon_c(t)$, %, определяли по формулам ГОСТ Р ЕН 1606 и аппроксимировали зависимостью Финдли (Findley W.N.):

$$\bar{\epsilon}_c(t) = b_0 t^{b_1}, \quad (1)$$

где $\bar{\epsilon}_c(t)$ – среднее значение деформации ползучести в момент времени t , %; b_0, b_1 – константы, зависящие от свойств материала; t – время, ч.

* Вспенивающийся полистирол (expanded polystyrene (EPS)).

** Согласно [1] для напряжения σ_c рекомендованы уровни $\sigma_{10\%}$: 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35.

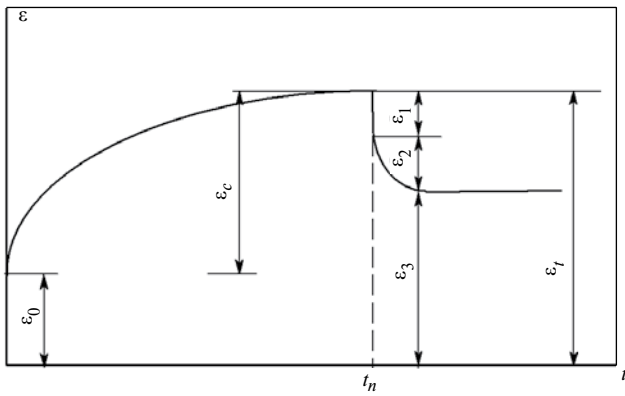


Рис. 1. Схема кривой, описывающая процесс деформации ППС образца, находящегося под действием постоянной нагрузки, снятой в момент времени t_n ; ϵ_1 – мгновенно исчезающая (упругая) часть относительной деформации; ϵ_2 – вязкая часть (исчезающая во времени); ϵ_3 – остаточная часть относительной деформации (собственно пластическая)

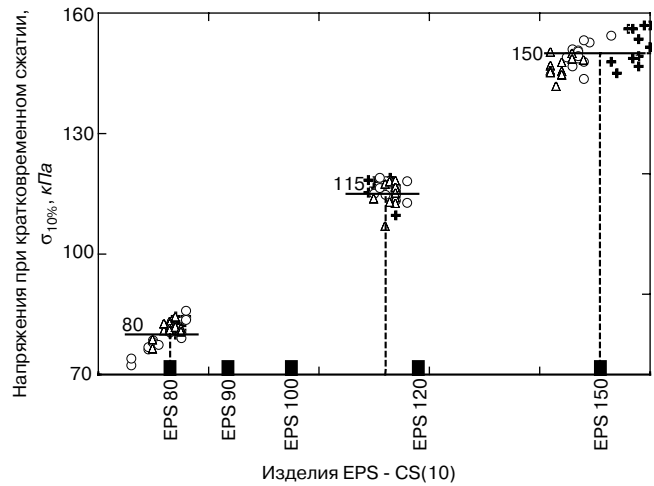


Рис. 2. Значения напряжений $\sigma_{10\%}$ при кратковременном сжатии ППС образцов. Точки – экспериментальные данные для образцов плит толщиной, мм: + – 50; O – 75; Δ – 100

Таблица 1

Характеристика	x_1 – прочность ППС образцов при сжатии, кПа	x_2 – толщина испытываемых образцов, мм
Основной уровень	115	75
Интервал варьирования	35	25
Верхний уровень	150	100
Нижний уровень	80	50

При разгрузке некоторая часть полной деформации исчезает, т. е. происходит частичная обратимость деформации (рис. 1). Обратимая деформация состоит из мгновенно исчезающей упругой части ϵ_1 и исчезающей в течение некоторого отрезка времени вязкой части ϵ_2 . Остаточная часть деформации ϵ_3 есть собственно пластическая деформация. Таким образом, полистирольный пенопласт (EPS) является упруговязко-пластическим материалом.

Количественно деформацию ползучести можно измерить и податливостью при ползучести, являющейся только функцией времени:

Таблица 2

№ опыта	x_1	x_2	$y_1, \text{МПа}^{-1}$		$y_2, \%$		$y_3, \%$		$y_4, \%$
			$\bar{y}_1^{\text{э*}}$	S_{y_1}	$\bar{y}_2^{\text{э*}}$	S_{y_2}	$\bar{y}_3^{\text{э*}}$	S_{y_3}	$\bar{y}_4^{\text{прогн}}$
1	-1	-1	0,3564	0,0077	1,0239	0,022	1,055	0,0938	2,163
2	0	-1	0,2019	0,0153	0,8206	0,0622	0,898	0,0503	2,203
3	+1	-1	0,0842	0,0117	0,4426	0,0618	0,549	0,0324	1,074
4	-1	0	0,3117	0,0248	0,8652	0,0772	0,68	0,0679	2,42
5	0	0	0,1792	0,0053	0,7263	0,0214	0,716	0,0135	2,055
6	+1	0	0,076	0,0072	0,398	0,0374	0,373	0,0165	0,927
7	-1	+1	0,3138	0,018	0,892	0,0524	0,669	0,0658	2,065
8	0	+1	0,1847	0,0095	0,7421	0,0324	0,65	0,0456	2,262
9	+1	+1	0,0719	0,0019	0,3689	0,0102	0,309	0,0163	0,873

Примечания:

* Приведены средние значения выходных параметров $\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3$ по трем параллельным определениям.

Выходные параметры:

$$y_1. \sum_{j=1}^N S_{y_1}^2 = 0,001543. \quad G = \frac{S_{y_1(\max)}^2}{\sum_{j=1}^N S_{y_1}^2} = 0,399. \quad S_{\text{воспр}}^2 = \frac{S_{y_1}^2}{N} = 0,000171. \quad S_{by} = \sqrt{\frac{S_{\text{воспр}}^2}{Nm}} = 0,00252.$$

$$y_2. \sum_{j=1}^N S_{y_2}^2 = 0,02031. \quad G = 0,293. \quad S_{\text{воспр}}^2 = 0,00226. \quad S_{by} = 0,00914.$$

$$y_3. \sum_{j=1}^N S_{y_3}^2 = 0,02412. \quad G = 0,365. \quad S_{\text{воспр}}^2 = 0,00268. \quad S_{by} = 0,00996.$$

$$y_4. S_{\text{воспр}}^2 = 0,00226 \text{ (принято по данным } y_2). \quad S_{by} = 0,00914.$$

Табличные значения.

$$G_{1-\alpha(2;9)} = 0,478; \quad t_{1-\alpha(18)} = 2,10 \text{ (при } \alpha = 0,05).$$

G – критерий Кохрена; t – критерий Стьюдента.

$$I_c(t) = \frac{\varepsilon_c(t)}{\sigma_c}, \quad (2)$$

где $I_c(t)$ – удельная относительная деформация ползучести в фиксируемый момент времени t , вызванная единичным напряжением, приложенным в момент времени $t \leq 15$ с; σ_c – постоянное сжимающее напряжение в момент времени t ; t – время отсчета.

Таким образом, деформации ползучести можно получить умножением значения податливости при ползучести, вызванной единичным напряжением, на некоторое напряжение σ_c :

$$\varepsilon_c(t) = \sigma_c \cdot F[I_c(t)], \quad (3)$$

где $F[I_c(t)]$ представляет некоторую функцию времени, выражающую рост деформаций ползучести от единичного напряжения, например равного 1 МПа. Тогда:

$$I_c(t) = \frac{\varepsilon_c(t)}{\sigma_c} = F[I_c(t)], \quad (4)$$

Исследования включали четыре выходных параметра ($I_c(t_n)$, $\varepsilon_c(t_n)$, ε_3 , $\varepsilon_c(T)$) и два управляемых фактора (прочность ППС на сжатие $\sigma_{10\%}$ и толщина образца d). По полному факторному эксперименту типа $N=n^k$, где n – количество уровней; k – число факторов, были испытаны ППС плиты типов EPS 80, EPS 120 и EPS 150. Число опытов в этом исследовании составило $N=3^2=9$. Для этого из вырезанных образцов толщиной $d=50, 75$ и 100 мм образовывали экспериментальные выборки с близкими исходными значениями сжимающего напряжения $\sigma_{10\%}$. Испытания проводили спустя четыре месяца после изготовления плит. Всего испытано девять серий ППС плит (по три образца в каждой серии).

При проведении эксперимента значения управляемых факторов поддерживали на фиксируемом уровне по плану. Для упрощения записи условий и обработки экспериментальных данных производили кодирование факторов по формуле [6]:

$$x_j = \frac{\bar{x}_j - \bar{x}_{j(i)}}{I_j}, \quad (6)$$

где x_j – кодированное значение фактора; \bar{x}_j – натуральное* значение фактора; $\bar{x}_{j(i)}$ – натуральное значение фактора основного уровня; I_j – интервал варьирования; j – номер фактора.

Основной уровень и интервал варьирования управляемых факторов приведены в табл. 1, а матрица планирования эксперимента – в табл. 2 (последние 7 столбцов содержат результаты эксперимента).

При длительном сжатии образцов, вырезанных из плит и подобранных в соответствии с матрицей планирования, определяли следующие показатели ППС: y_1 – податливость при ползучести I_c , МПа⁻¹, в фиксируемый момент времени $t_n=122$ сут; y_2 – величину деформации ползучести ε_c , %, развившуюся при постоянном сжимающем напряжении $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$ в течение эксперимента продолжительностью $t_n=122$ сут; y_3 – величину остаточной пластической деформации ε_3 после снятия удельной нагрузки σ_c в момент времени t_n и «отдыха» образцов в течение $t=400$ ** ч; y_4 – прогнозируемое точечное значение деформации ползучести $\varepsilon_c(T)$, %, для упреждения на 10 лет.

Для описания взаимосвязи между факторами x_i и выходными y_i в исследуемой области применена квадратичная модель. На основе расширенной матрицы планирования полного факторного эксперимента типа $N=3^2$ методом наименьших квадратов [7] рассчитаны квадра-

* Именованное значение фактора.

** При температуре воздуха $23 \pm 2^\circ\text{C}$ наступает стационарное состояние, характеризующееся наличием необратимой деформации.

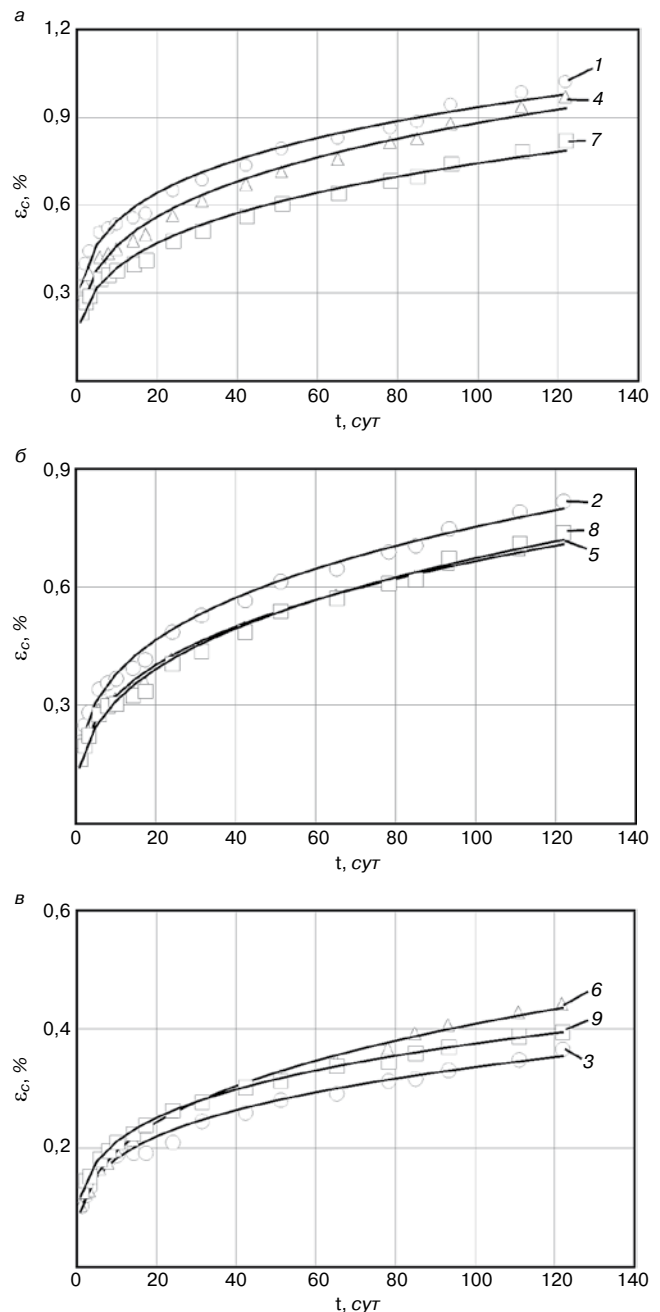


Рис. 3. Развитие деформаций ползучести ε_0 ППС образцов с прочностью на сжатие $\sigma_{10\%}$, кПа: 80 (а); 115 (б) и 150 (в) при фиксированном сжимающем напряжении $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$; (—) – аппроксимация уравнением (7). Точки – экспериментальные значения ε_c для образцов толщиной, мм: ○ – 50; △ – 75; □ – 100. Цифры у линий – номера серий по табл. 3

тические модели зависимости выходных параметров (y_1, y_2, y_3, y_4) от управляемых факторов (x_1, x_2).

В общем виде квадратичная модель может быть записана уравнением:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2. \quad (7)$$

Значимость постоянных коэффициентов проверяли по t-критерию Стьюдента [8] при уровне значимости $\alpha=5\%$. Незначимые коэффициенты не включены в уравнение. Адекватность уравнения (7) проверяли по критерию Фишера [9, 10].

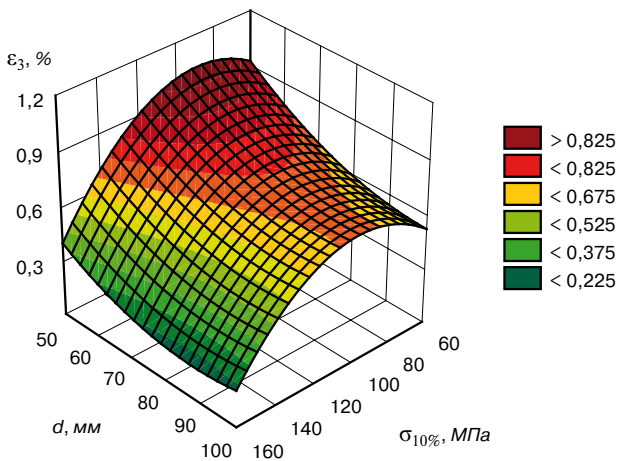
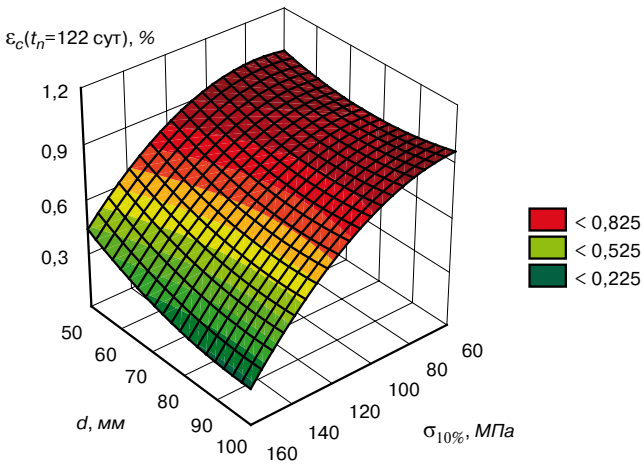
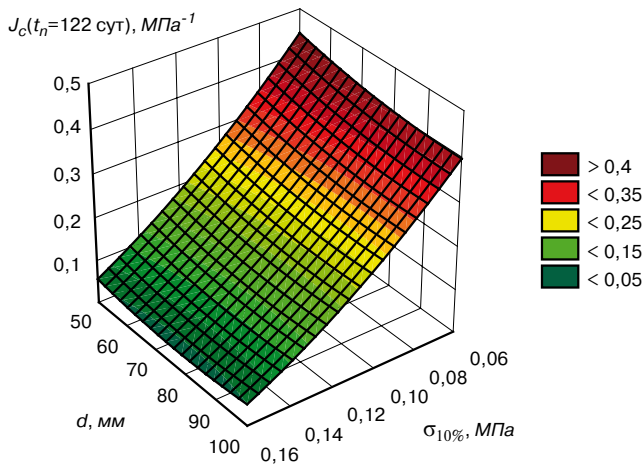


Рис. 4. Геометрический образ поверхности второго порядка выходных параметров $J_c(t_n=122 \text{ сут})$; $\epsilon_c(t_n=122 \text{ сут})$ и ϵ_3

На рис. 2 представлены экспериментальные значения напряжений $\sigma_{10\%}$. Последние удовлетворяют требованиям EN 13163 (находятся в рекомендуемом нормативом интервале напряжений $\sigma_{10\%}$, вычисляемых по уравнениям В.1 и В.2), и результаты исследований деформаций ползучести могут быть использованы для плит типов EPS 80*, EPS 90, EPS 100, EPS 120 и EPS 150.

* Согласно EN13163 обозначения типов ППС плит с уровнем прочности при сжатии $\sigma_{10\%}$, равной 80, 90, 100, 120 и 150 кПа соответственно.

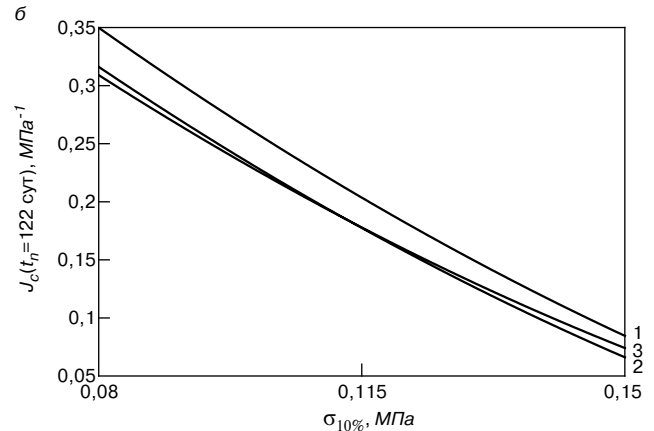
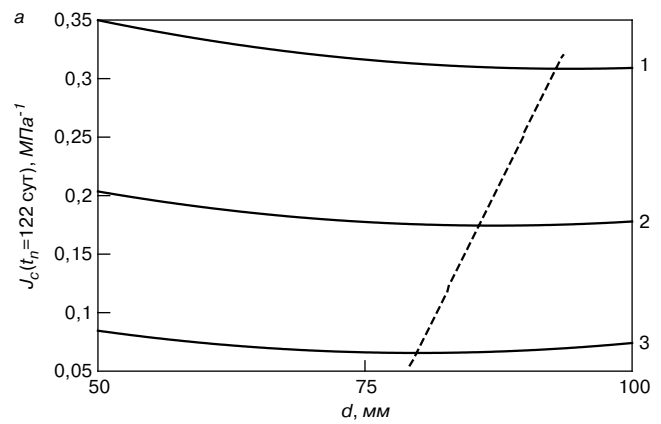


Рис. 5. Графики уравнения $J_c(t_n=122 \text{ сут})$, табл. 6: а – при $\sigma_{10\%} = 80(1)$; 115 (2); 150 кПа (3); б – $d = 50(1)$; 75(2); 100 мм (3). Пунктирная линия – «почти стационарная область»

На рис. 3 представлены опытные данные и линии регрессии относительных деформаций ползучести ППС образцов, вычисленные по выражению (1) на базе экспериментов продолжительностью, равной $t_n=122 \text{ сут}$. Экспериментальные данные испытаний и результаты регрессионного анализа деформаций ползучести пенополистирольных образцов при постоянно сжимающем напряжении $\sigma_c = 0,35\sigma_{10\%}$ приведены в табл. 3.

Здесь же для каждой серии испытаний на ползучесть представлены:

- характеристики образцов (плотность, толщина);
- значения длительно действующей сжимающей удельной нагрузки σ_c , а также деформации $\epsilon_0, \%$, возникающей в момент времени $t=60 \text{ с}$ от начала приложения нагрузки и развивающейся во времени деформации ползучести ϵ_c в момент окончания прямого эксперимента $\epsilon_c(t_n)$;
- постоянные параметры b_0 и b_1 уравнения (1), а также суммы квадратических отклонений вариант $Y_{2(i)}$ от их расчетных значений $\bar{Y}_{2(i)}$;
- прогностические точечные значения деформаций ползучести $\bar{\epsilon}_c(T=10 \text{ лет})$ для упреждения на 10 лет.

Вычисленные по данным табл. 2 (кодовые переменные) значения коэффициентов уравнения (7) приведены в табл. 4, а результаты статистического анализа полученных уравнений регрессии по кодовым переменным – в табл. 5. Получены адекватные уравнения регрессии второго порядка и поэтому становятся значимыми определенные по эксперименту эффекты взаимодействия факторов и квадратичные эффекты (влияние квадратичных членов содержится и в свободном члене b_0 , в кото-

Таблица 3

№№ серий испытаний	Данные испытаний образцов при сжимающей нагрузке							Результаты регрессионного анализа*				Прогностические точечные значения деформации ползучести $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})^{*****}$, %
	кратковременной**		длительной***					значения постоянных коэффициентов уравнения (1)		$\sum_{i=1}^N (y_{2(i)} - \bar{y}_{2(i)})^2$, %****		
	ρ , кг/м ³	$\sigma_{10\%}$, кПа	ρ , кг/м ³	d_s , мм	σ_c , кПа	ε_0 , %	$\varepsilon_c(t_n)$, %	b_0	b_1			
1	15,4	82,1	15,3	48	28,7	1,374	1,0239	0,152	0,2333	0,01329	2,163	
2	19,3	116	19,2	49,4	40,6	1,155	0,8206	0,0738	0,2984	0,00426	2,203	
3	23,8	152	23,6	48,6	52,6	1,277	0,4426	0,0333	0,3222	0,00071	1,074	
4	15,1	78,5	15,3	72,8	27,7	1,145	0,8652	0,0989	0,2809	0,011	2,42	
5	19,3	116	19,3	74,4	40,5	0,951	0,7263	0,0582	0,3132	0,00253	2,055	
6	23	150	23	73,3	52,4	1,005	0,398	0,0533	0,2511	0,00022	0,927	
7	15,3	81,1	15,3	98,2	28,4	0,985	0,892	0,0814	0,2841	0,00833	2,065	
8	19,3	115	19,3	99,5	40,2	0,767	0,7421	0,049	0,3367	0,00496	2,262	
9	23	147	23	98	51,3	0,932	0,3689	0,0427	0,2652	0,00137	0,873	

Примечания:
 * Линейный регрессионный анализ выполнен начиная со значений деформации ползучести $\varepsilon_c(t=24h)$.
 ** Представлены результаты испытаний 12 образцов для выбора параметров длительного сжатия.
 *** ρ , d , σ_c , ε_0 , $\varepsilon_c(t_n)$ – средние значения 3 образцов.
 **** При числе точек ретроспективного ряда наблюдений $n=18$.
 ***** Вычислены экстраполяцией по времени [1].

Таблица 4

Уравнения регрессии	Значения коэффициентов					
	b_0	b_1	b_2	b_{12}	b_{11}	b_{22}
y_1	0,1798	-0,125	-0,012	0,00758	0,0137	0,0132
y_2	0,7284	-0,2619	-0,0474	–	-0,0979	0,0518
y_3	0,6897	-0,195	-0,1452	0,0347	-0,15	0,0975
y_4	2,1916	-0,629	-0,04	-0,0257	-0,5863	-0,0273

ром получается смешанная оценка). Следует заметить, что эксперимент проведен в локальной области факторного пространства и коэффициенты уравнения (7) отражают влияние факторов только в этой области.

Общий вид значений коэффициентов уравнений показывает, что не все факторы в одинаковой степени влияют на исследуемые выходные параметры (табл. 4). Величина коэффициента регрессии – количественная мера влияния соответствующего фактора на выходной параметр при переходе с нулевого на верхний или нижний уровень. Чем больше коэффициент, тем сильнее фактор. О характере влияния фактора говорят знаки коэффициентов. Знак плюс свидетельствует о том, что с увеличением значения фактора растет величина выходного параметра, а при знаке минус – убывает.

Взаимодействие двух факторов в уравнениях y_1 и y_3 значимо и означает только, что основной эффект одного фактора зависит от того, на каком уровне находится другой (наличие эффекта взаимодействия факторов нельзя отождествлять с наличием зависимости между факторами). Положительный знак взаимодействия свидетельствует о том, что одновременное увеличение, как и одновременное уменьшение значений двух факторов приводит например (без учета линейных эффектов) к увеличению исследуемых выходных параметров. При одновременном изменении факторов в разных направлениях, например $x_1=+1$, и $x_2=-1$ или $x_1=-1$ и $x_2=+1$, исследуемые выходные параметры y_1 и y_3 будут уменьшаться.

Значения исследуемых выходных параметров можно найти по данным управляемых факторов x_1 и x_2 из уравнений для параметров y_1 , y_2 , y_3 (табл. 4). Исследуя

уравнение для параметра y_1 , установили, что точка экстремума x_2 («почти стационарная область») находится в интервале 94–79 мм соответственно изменению x_1 от 80 до 150 кПа. Результаты исследования уравнения для параметра y_2 показали, что экстремальная точка, в которой имеем минимум параметра y_2 по высоте образца, находится в точке $x_2=86$ мм. Анализируя уравнение для параметра y_3 , выявили, что точка экстремума x_2 («почти стационарная область») находится в интервале 100–89 мм соответственно изменению величины x_1 от 80 до 150 кПа.

После перехода от кодовых (выражение (6)) к натуральным (именованным) переменным и усреднения коэффициентов регрессии значения коэффициентов уравнений регрессии по натуральным (именованным) переменным приведены в табл. 6.

Пользуясь этими уравнениями, нет необходимости переводить всякий раз условия эксперимента в кодовые переменные (при этом пропадает возможность интерпретации влияния факторов по величинам и знакам коэффициентов регрессии).

Графическое отображение результатов двухфакторного эксперимента представляет собой так называемую поверхность отклика в трехмерном пространстве (рис. 4). Проекция основных криволинейных образующих отклика выходных параметров $I_c(t_n=122 \text{ сут})$, $\varepsilon_c(t_n=122 \text{ сут})$ и ε_3 на координатные плоскости изображены на рис. 5–7. При фиксированном значении фактора x_1 (напряжения $\sigma_{10\%}$) на трех уровнях, на рисунках представлены зависимости выхода I_c , ε_c и ε_3 от другого фактора x_2 (толщины образцов), подтверждающие наличие частного оптимума,

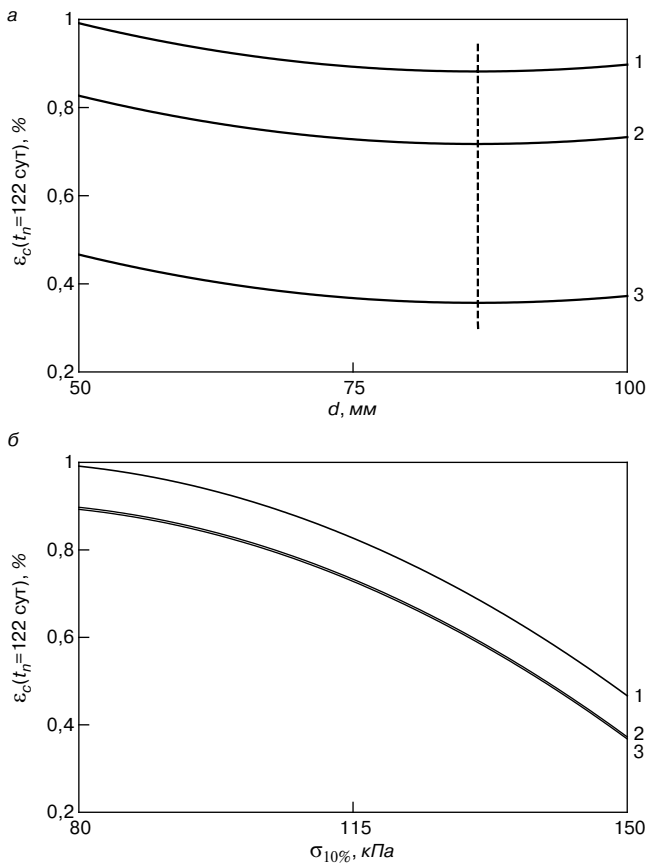


Рис. 6. Графики уравнения $\varepsilon_c(t_n=122 \text{ сут})$, табл. 6. Обозначения те же, что на рис. 5

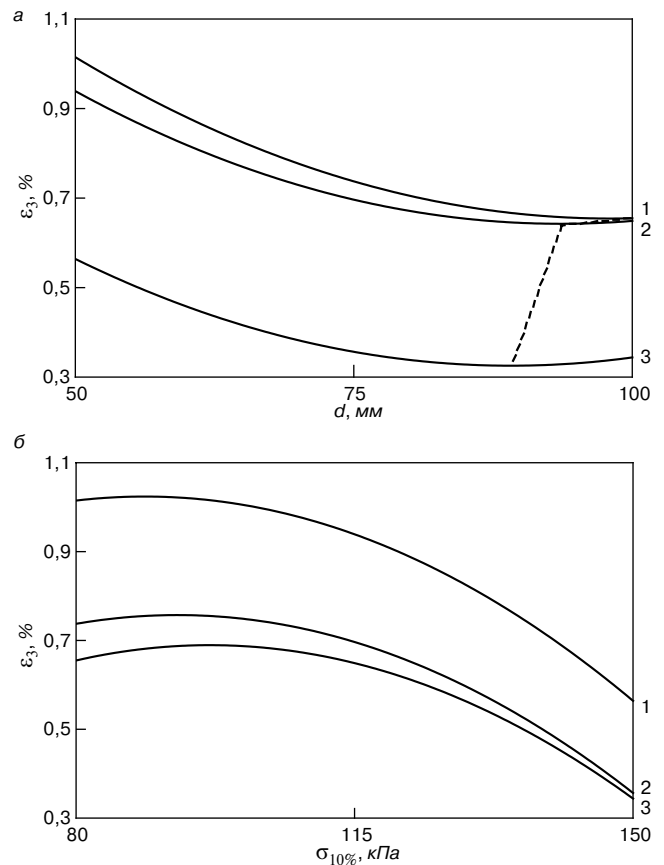


Рис. 7. Графики уравнения ε_3 , табл. 6. Обозначения те же, что на рис. 5

Таблица 5

Расчетные величины	Значения расчетных величин для			
	y_1	y_2	y_3	y_4
Число степеней свободы				
$f_{\text{ад}}$	3	4	3	3
$f_{\text{воспр}}$	18	18	18	9*
Дисперсии				
$S_{\text{ад}}^2$	0,000188	0,00196	0,00808	0,014
$S_{\text{воспр}}^2$	0,000171	0,00226	0,00268	0,00226**
Критерий Фишера				
$F_{\text{расч}}$	1,1	0,87	3,01	6,19
$F_{\text{табл}}$	3,2	2,9	3,2	6,99
Вывод об адекватности модели	Адекватна при уровне значимости $\alpha, \%$:			
S_r^{****}	5 0,0052	5 0,0163	5 0,034	1*** 0,118

Примечания:

* Опыты не дублируются при $t_n > 122$ сут.

** Принято по данным для y_2 (табл. 2) и характеризует величину погрешности по окончании эксперимента $t_n=122$ сут.

*** Свидетельствует о возможном наличии неслучайной составляющей (дисперсия адекватности представляет собой сумму случайной и неслучайной составляющих). В настоящей работе дополнительную проверку не осуществляли.

**** Абсолютная величина средней меры отклонений опытных данных от эмпирической поверхности отклика постоянная для всех ее участков:

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \sum_{u=1}^{m_i} (y_{iu} - \bar{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N m_i - l}}$$

где y_{iu}, \bar{y}_i – фактическое и расчетное по уравнениям y_1, y_2, y_3, y_4 (по кодовым переменным) i -е значение результативного признака; m – число параллельных испытаний в отдельных точках плана эксперимента ($m=3$); N – число опытов плана эксперимента ($N=9$); l – число значимых коэффициентов в уравнении регрессии.

Таблица 6

Уравнения регрессии	Значения коэффициентов						S_r^{**}	N·m
	b_0	b_1	b_2	b_{12}	b_{11}	b_{22}		
y_1^*	0,968	-6,793	-0,00467	0,00866	11,18	0,0000211	0,0058	27
y_2	1,1404	0,0109	-0,01433	–	-0,00008	0,000083	0,0242	27
y_3	1,3661	0,01962	-0,0338	0,00004	-0,000122	0,000156	0,0354	27
y_4	-2,4503	0,09413	0,00843	-0,0000294	-0,000478	-0,000437	0,1819	9

Примечания:
 * $y_1 \cdot \sigma_{10\%}$, МПа; d , мм; $I_c(t_n)$ МПа⁻¹.
 $y_2, y_3, y_4 \cdot \sigma_{10\%}$, кПа; d , мм; $\varepsilon_c(t_n), \varepsilon_3, \varepsilon_c(T)$, %.
 ** $S_{r(y_1)}$, МПа⁻¹; $S_{r(y_2, y_3, y_4)}$, %.

Таблица 7

Прочность при сжатии $\sigma_{10\%}$, кПа	Деформации ползучести*				Использование экспериментальных значений $\varepsilon_c(t_n=122 \text{ сут})$ и $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})$ при $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$. Источник***
	$\varepsilon_c(t_n=122 \text{ сут})$		$\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})$		
	ε_c , %	Δ^{**} , % (отн.)	$\varepsilon_c^{\text{прогн}}$, %	Δ , % (отн.)	
138	$\frac{0,763}{0,612}$	-19,8	$\frac{1,92}{1,52}$	-20,8	[11]
110	$\frac{0,85}{0,862}$	+1,4	$\frac{2,01}{2,26}$	+12,4	[12]
84	$\frac{0,93}{0,982}$	+5,6	$\frac{2,1}{2,27}$	+8,1	
85	$\frac{0,87}{0,98}$	+12,6	$\frac{2,3}{2,28}$	-0,9	
123	$\frac{0,68}{0,762}$	+12,1	$\frac{1,65}{2,02}$	+22,4	
84	$\frac{1,158}{0,982}$	-15,2	$\frac{3,12}{2,28}$	-26,9	[13]
121	$\frac{0,808}{0,779}$	-3,6	$\frac{2,28}{2,07}$	-9,2	
110	$\frac{0,864}{0,862}$	-0,2	$\frac{2,01}{2,26}$	+12,2	[14]

Примечания:
 * Над чертой приведены экспериментальные значения; под чертой – вычисленные по уравнениям табл. 6.
 ** $\Delta = \frac{\varepsilon_c^{\text{расч}} - \varepsilon_c^{\text{эксп}}}{\varepsilon_c^{\text{эксп}}} \cdot 100$, % (отн.). Пометка (отн.) указывает на относительную разницу расчетных и экспериментальных значений, когда единицей измерения ε_c является процент.
 *** Исследования выполнены на ППС образцах в форме куба с ребром, равным 50 мм.

т. е. «почти стационарной области», по данному фактору (пунктирные линии на рис. 5, а–7, а).

Исследуя образующие отклика выходных параметров I_c, ε_c и ε_3 при зафиксированном значении фактора x_2 (толщина образцов) на трех уровнях, на рис. 5, б–7, б представлены зависимости выхода этих параметров от фактора x_1 (сжимающего напряжения $\sigma_{10\%}$). При прочности $\sigma_{10\%}$ ППС в интервале 80–150 кПа значения податливости при ползучести I_c , определенные на образцах толщиной 50 мм, в среднем на 15% больше по сравнению с образцами толщиной 75 и 100 мм. При толщине образцов 75 и 100 мм значения $I_c(t_n=122 \text{ сут})$ практически равны.

Значение деформации ползучести $\varepsilon_c(t_n=122 \text{ сут})$ в интервале прочности $\sigma_{10\%}$ ППС 80–150 кПа и изменения толщины образцов от 50 до 75 и 100 мм снижается в среднем на 8 и 14% (отн.)* соответственно величине $\sigma_{10\%}$ (рис. 6, б). Значения деформаций ползучести $\varepsilon_c(t_n=122 \text{ сут})$ образцов толщиной 75 и 100 мм практически равны. Следует отметить, что в исследуемом интервале прочности $\sigma_{10\%}$ разница значений $\varepsilon_c(t_n=122 \text{ сут})$ для

образцов толщиной 50, 75 и 100 мм постоянная по величине и составляет 0,1%.

Значение остаточной (собственно пластической) деформации ε_3 после снятия удельной нагрузки σ_c в интервале прочности $\sigma_{10\%}$ ППС 80–150 кПа и изменении толщины образцов от 50 до 75 и 100 мм уменьшается в среднем на 31–38% (отн.) соответственно величине $\sigma_{10\%}$ (рис. 7, б), т. е. частичная обратимость полной деформации $\varepsilon(t)=\varepsilon_0+\varepsilon_c(t_n=122 \text{ сут})$ увеличивается. Значения деформации ε_3 образцов толщиной 75 и 100 мм практически равны.

При зафиксированном значении фактора x_2 (толщина образца) на трех уровнях на рис. 8, б представлены зависимости выхода параметра деформаций ползучести $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})$ от фактора x_1 (сжимающего напряжения $\sigma_{10\%}$). При прочности $\sigma_{10\%}$ ППС 80–150 кПа и толщине образцов 50 и 75 мм прогнозируемые точечные значения $\varepsilon_c(T=10 \text{ лет})$ соответственно напряжению $\sigma_{10\%}$ на 2–13% (отн.) больше по сравнению с образцами толщиной 100 мм.

* Пометка (отн.) указывает на относительную разницу значений, когда единицей измерения деформации является процент.

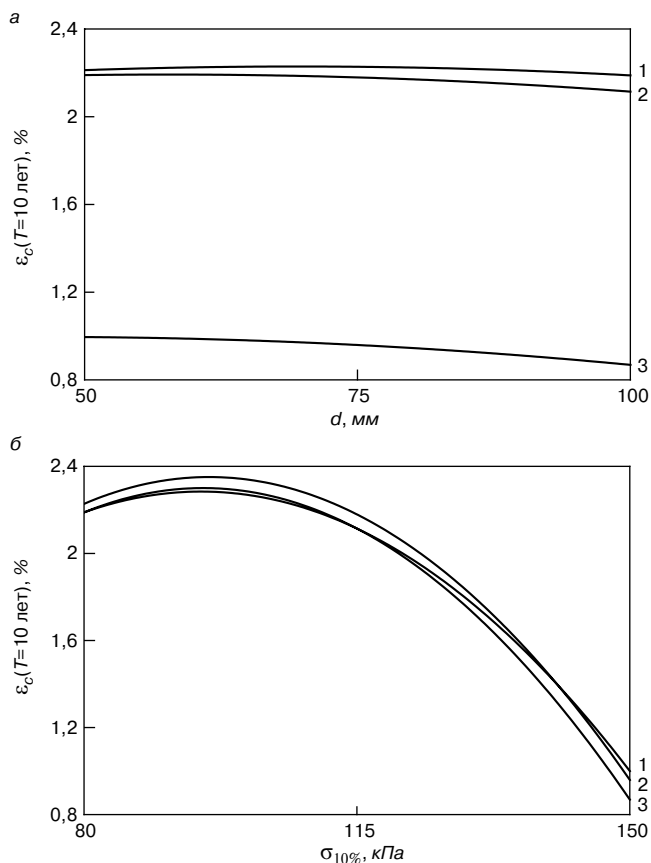


Рис. 8. Графики уравнения $\epsilon_c(T=10 \text{ лет})$, табл. 6. Обозначения те же, что на рис. 5

Следует отметить, что полученные уравнения для y_1 , y_2 , y_3 и y_4 в натуральных значениях $\sigma_{10\%}$ и d (табл. 6) могут использоваться в практической деятельности при оценке деформаций ползучести для момента времени $t=122$ сут и прогнозируемых значений $\epsilon_c(T=10 \text{ лет})$ для упреждения на 10 лет. В табл. 7 представлено сравнение значений деформаций ползучести, вычисляемых по уравнениям табл. 6, и экспериментальных значений ранее выполненных исследований [11–14]. Расхождение значений $\epsilon_c(t_n=122 \text{ сут})$ составляет в среднем +8 и -10% (отн.), а значений $\epsilon_c(T=10 \text{ лет})$ – +14% и -9% (отн.). Поэтому вычисленные значения деформаций ползучести можно считать удовлетворительными. При отсутствии длительных испытаний эмпирические уравнения y_2 и y_4 (табл. 6) могут быть использованы для прогностической оценки деформаций ползучести $\epsilon_c(t_n=122 \text{ сут})$ и $\epsilon_c(T=10 \text{ лет})$ ППС плит типов EPS 80/90/100/120/150 при постоянном сжимающем напряжении $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$.

Заключение. Методом статистического планирования эксперимента получены математические модели оптимизации толщины образцов для определения относительной деформации ползучести $\epsilon_c(t=122 \text{ сут})$ ППС при постоянном сжимающем напряжении $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$, действующем перпендикулярно поверхности изделий. Приводится графическая интерпретация полученных моделей: линии уровня зависимости значений $I_c(t_n=122 \text{ сут})$, $\epsilon_c(t_n=122 \text{ сут})$, ϵ_3 и $\bar{\epsilon}_c(T=10 \text{ лет})$ от толщины образцов при прочности ППС при сжатии $\sigma_{10\%}$ в интервале 80–150 кПа.

Экспериментальное значение деформации ползучести $\epsilon_c(t_n=122 \text{ сут})$ при изменении толщины испытуемых образцов от 50 до 75–100 мм уменьшается в интервале значений $\sigma_{10\%}$ 80–150 кПа на 8–14% (отн.) соответственно $\sigma_{10\%}$.

Влияние толщины образцов на прогнозируемые значения деформаций ползучести для упреждения на 10 лет $\epsilon_c(T=10 \text{ лет})$ является незначительным. В интервале прочности ППС при сжатии $\sigma_{10\%}$ 80–150 кПа значения $\epsilon_c(T=10 \text{ лет})$, вычисленные по экспериментальным данным образцов толщиной 50 и 75 мм, на 1–11% (отн.) больше по сравнению с образцами толщиной 100 мм соответственно $\sigma_{10\%}$.

При отсутствии длительных испытаний прогностическая оценка величины деформаций ползучести пенополистирольных изделий типов EPS 80/90/100/120 и EPS 150 при постоянном сжимающем напряжении $\sigma_c=0,35\sigma_{10\%}$ может быть определена по эмпирическим уравнениям y_2 , y_4 , приведенным в табл. 7.

Ключевые слова: пенопласт полистирольный, длительное сжатие, статистическое планирование эксперимента, податливость при ползучести, деформация ползучести, прогнозирование, оптимальная толщина образцов.

Список литературы

- ГОСТ Р ЕН 1606–2010. Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Метод определения ползучести при сжатии. 16 с.
- EN 13163:2008 E. Thermal insulation products for buildings – Factory made products of expanded polystyrene (EPS) – Specification. European Committee for Standardization. 2008. 48 p.
- EN 12085:1999 E. Thermal insulating products for building applications. Determination of linear dimensions of test specimens. European Committee for Standardization. 1999. 9 p.
- EN 1602:1996+AC:1997 E. Thermal insulating products for building applications. Determination of the apparent density. European Committee for Standardization. 1996. 5 p.
- EN 826:1996 E. Thermal insulating products for building applications. Determination of compression behaviour. European Committee for Standardization. 15 p.
- Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 279 с.
- Дрейнер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. Т. 1 / Пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1986. 366 с.
- Закс Л. Статистическое оценивание / Пер. с нем. М.: Статистика, 1976. 598 с.
- Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. М.: Высшая школа, 1978. 320 с.
- Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы планирования эксперимента / Пер. с англ. М.: Мир, 1981. 516 с.
- Гнип И.Я., Кершулис В.И., Вайткус С.И. Аналитическое описание ползучести пенополистирола под сжимающей нагрузкой // Механика композит. материалов. 2005. Т. 41. № 4. С. 525–534.
- Гнип И.Я., Кершулис В.И., Вайткус С.И. Прогнозирование деформируемости полистирольного пенопласта при длительном сжатии // Механика композит. материалов. 2005. Т. 41. № 5. С. 607–618.
- Gnip I.J., Vaitkus S., Keršulis V., Vejelis S. Experiments for the long-term prediction of creep strain of expanded polystyrene under compressive stress // Polymer Testing. 2010. 29. Pp. 693–700.
- Гнип И.Я., Кершулис В.И. Ползучесть конструкционного пенополистирола при сжатии // Строительные материалы. 2003. № 4. С. 22–23.



Министерство регионального развития РФ
Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН)

Российский союз строителей

Центральный научно-исследовательский и проектный институт
жилых и общественных зданий (ЦНИИЭП жилища)

Объединенная редакция научно-технических журналов
«Жилищное строительство» и «Строительные материалы»®



IV Международная научно-практическая конференция «Развитие крупнопанельного домостроения в России»

InterConPan-IV

International Conference of Large-panel Construction

24–25 июня 2014 г.

Санкт-Петербург

Тематика конференции:

- Состояние базы крупнопанельного домостроения в РФ
- Опыт модернизации предприятий КПД
- Оборудование и технологии
- Современные бетоны, добавки и пигменты
- Проблемы тепловлажностной обработки изделий и конструкций
- Архитектурно-планировочные решения крупнопанельных домов
- Качество и энергоэффективность полносборных зданий
- Расчет и конструирование узлов сборных элементов
- Применение архитектурного бетона
- Проблемы армирования ЖБК и КПД
- Опыт строительства крупнопанельного жилья

Программа конференции включает:

Пленарное заседание

Секции:

- «Архитектура и особенности проектных решений крупнопанельных зданий»
- «Гибкая технология предприятий ДСК и КПД»

Посещение

- Домостроительный комбинат «Группы ЛСР» (ЗАО «ДСК «Блок»)
- Строящийся жилой комплекс в Санкт-Петербурге

Спонсоры
конференции:



К проведению конференции готовятся тематические номера журналов «Жилищное строительство» №5–2014 г. и «Строительные материалы»® №5–2014 г., в которых будут опубликованы основные пленарные и секционные доклады. Представление докладов в виде статей до 15.04.2014

Организационный комитет:

Телефон/факс: +7 (499) 976-20-36, 976-22-08

E-mail: kpd-conf@mail.ru; mail@rifsm.ru www.rifsm.ru

Адрес для корреспонденции: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3
редакция журнала «Жилищное строительство»

В.Б. БАБАЕВ, инженер, В.В. НЕЛЮБОВА, канд. техн. наук,
И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, канд. геол.-мин. наук,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Термическая обработка базальтового волокна как способ повышения его щелочестойкости*

Получение эффективных строительных материалов и изделий, к которым сегодня предъявляются все более высокие требования, может быть достигнуто применением технологий, использующих композиционные материалы. Одним из перспективных конструктивных материалов являются микроармированные бетоны. В таких материалах сочетаются матрица, обладающая высокой прочностью на сжатие, и волокно, характеризующееся значительным сопротивлением разрыву и высоким модулем упругости.

В работах [1–4] подтверждена эффективность использования стекловолокна в качестве микроармирующего компонента в бетонах и растворах на основе цемента. Однако согласно литературным данным [5–7] в отрасли строительного материаловедения существуют крайне противоречивые данные о влиянии агрессивной среды на структуру и свойства фибры.

Авторами было доказано [8], что волокно, находящееся в растворе в течение гидратации цемента, характеризуется недостаточной щелочестойкостью. При этом длительное хранение фибры в растворе способствует ее растворению. В связи с этим актуальна разработка способов модификации базальтового волокна, обеспечивающего должную коррозионную стойкость.

Коллективом МГУ им. М.В. Ломоносова [9, 10] для модификации поверхностного слоя базальтового волокна предложен отжиг фибры при различной температуре. Однако объяснения процессов, протекающих в структуре волокна, представлено не было.

Целью настоящей работы стало изучение возможности повышения эффективности использования базальтового волокна в цементобетоне за счет его термической обработки.

Для исследований использовалось базальтовое волокно производства ОАО «Машзавод БАСК», г. Кемерово. Согласно предварительным исследованиям, данное волокно характеризуется удовлетворяющей щелочной и кислотной стойкостью, а также оптималь-

ным соотношением длины волокна к его диаметру, что является важным фактором при проектировании строительных композитов различного назначения с его использованием.

Для изучения влияния термообработки волокна на его свойства в работе предложена методика испытаний, согласно которой фибру подвергали нагреву в диапазоне температуры от 300 до 700°C с шагом 100°C. Время температурной обработки было выбрано опытным путем. При помещении волокна в среду закалки на временной промежуток от 5 до 10 мин щелочестойкость волокна практически не изменяется. Более длительная выдержка волокна (45–60 мин) способствует нарушению целостности фибры и приобретению ею заметной хрупкости. В связи с этим время термической обработки волокна составляло в экспериментах 30 мин. Охлаждение происходило при комнатной температуре в воздушной среде.

Для анализа щелочестойкости базальтового волокна в цементной системе волокно помещали в смоделированную среду протекания гидратационных процессов. В качестве агрессивной среды использовали цементное молочко с рН 12,9. В указанный раствор вводили распущенное волокно. Концентрацию базальтового волокна в растворе выбирали с учетом предельного содержания фибры в цементных композитах (3–12% массы вяжущего), установленного на основании анализа литературных данных. Концентрация составляла 7%. Образцы подвергали выдержке при комнатной температуре в течение 7, 14 и 28 сут.

В результате испытаний установлено (рис. 1, 2), что увеличение температуры с 300 до 500°C способствует повышению щелочестойкости волокна. Потеря массы при выдержке в щелочном растворе после 28 сут в данном случае составляет около 5%, тогда как исходное волокно за это время теряет более 30% начальной массы волокна. Дальнейшее увеличение температуры изотермической выдержки нецелесообразно ввиду снижения

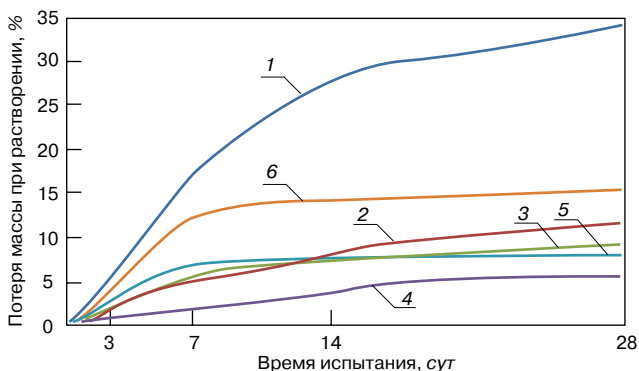


Рис. 1. Потеря массы волокна при растворении в зависимости от времени испытания: 1 – исходное; 2 – 300°C; 3 – 400°C; 4 – 500°C; 5 – 600°C; 6 – 700°C

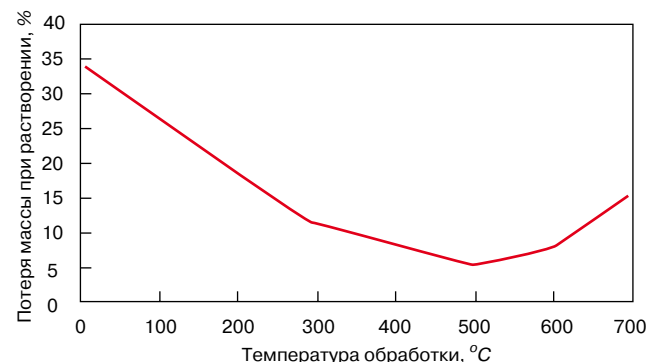


Рис. 2. Потеря массы при растворении в зависимости от температурной обработки после выдержки в щелочной среде в течение 28 сут

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, программа стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова; РФФИ, договор 12-08-97603.

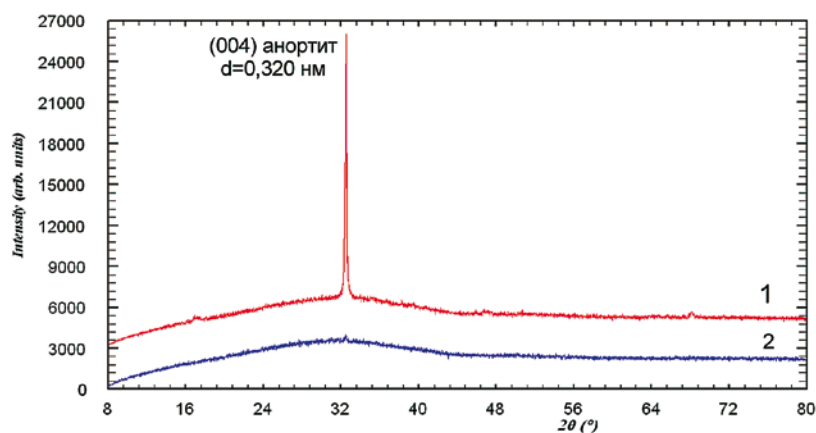


Рис. 3. Рентгенограмма базальтового волокна: 1 – исходного; 2 – термообработанного

щелочестойкости волокна и экономической нецелесообразности.

Низкая щелочестойкость исходного базальтового волокна может определяться несколькими факторами. В результате резкого охлаждения (заковки) расплава при формовании волокон в них фиксируется неоднородная объемная и поверхностная рыхлая высокотемпературная структура. При этом волокно характеризуется наличием дефектов поверхности (микротрещины, микропоры, обрывы связей и т. п.). Все это в совокупности интенсифицирует процесс растворения силикатного каркаса.

Далее в процессе термообработки от 300 до 500°C происходят процессы залечивания дефектов, изменения химического состава и структуры поверхности стекловолокон в результате окисления $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ и образования железокислородных тетраэдров $[FeO_4]Na$ с привлечением на поверхность волокон щелочных катионов. Кроме того, постепенно уплотняется структура стекла в результате его термической обработки. Перечисленные процессы наиболее активно проходят при 500°C – температуре, близкой к температуре стеклования (граница перехода из твердого в пластичное состояние), обуславливая наибольшую устойчивость волокон к действию щелочи.

При более высокой температуре в базальтовых волокнах, прежде всего на их поверхности, начинаются структурные изменения, связанные с предкристаллизационными процессами (600°C) и кристаллизацией (700°C). Структурные перестройки, связанные с кристаллизацией, сопровождаются образованием различного рода дефектов, что делает материал более активным в химическом отношении и приводит к ускорению взаимодействия со щелочью. При этом потери массы волокон увеличиваются.

Для объяснения изменений, происходящих в структуре волокна в процессе его термической обработки, был изучен элементный состав, получены рентгенограммы (рис. 3) и спектры (рис. 4) исходного и термообработанного волокна.

Установлено, что повышение щелочестойкости базальтового волокна связано с миграцией щелочных катионов к поверхности волокна в процессе термообработки [9, 10].

Для определения миграции химических элементов в результате температурной обработки были приготовлены пробы исходного и термообработанного базальтового волокна в виде пучка, погруженные в эпоксидную смолу и выдержанные в ней до полного затвердевания. Далее образцы зачищали с фронтальной стороны до полного выравнивания. Впоследствии образец напыляли графитом методом естественного испарения, после

чего происходила съемка на сканирующем электронном микроскопе с системой энергодисперсионного анализа. Маршрут отбора проб выстраивали с точки зрения максимального охвата переходных зон Т-образным ходом, от середины к краям волокна.

Анализ элементного состава поверхности и диаметрального среза базальтового волокна показал, что поверхностный градиент распределения химических элементов в исходном и обработанном волокне отличается незначительно. Так, превышение в концентрациях химических элементов колеблется в диапазоне 1–2%. Следовательно, повышение щелочестойкости используемого в работе базальтового волокна не связано с обогащением поверхности волокна щелочными ионами.

Для получения представлений о микроструктурном состоянии исходного и термообработанного базальтового волокна использовались данные рентгеновской дифракции. Дифрактограммы всех образцов были получены на рентгеновской рабочей станции ARL 9900 с применением излучения рентгеновской трубки с Со-анодом (интервал углов дифракции $2\theta = 8 - 80^\circ$, шаг сканирования $0,02^\circ$, фильтрация β -излучения). Препарирование образцов проводилось традиционным методом растирания в агатовой ступке в спиртовой среде. Моделирование дифракционных спектров производилось с помощью программы полнопрофильных методов DDM 1.95 с [11].

Рентгенограммы базальтового волокна представляют собой типичные дифракционные картины структурированных аморфных материалов – с характерным уширенным профилем интенсивности в области углов 2θ около 30° (рис. 3).

Характерной особенностью рентгенограмм волокна является присутствие одного селективного отражения с $2\theta = 32,5^\circ$ (соответствующее межплоскостное расстояние $d = 0,32$ нм), причем наиболее интенсивно это отражение проявляется на рентгенограмме исходного волокна. Исходя из общих представлений о породообразующих минеральных фазах базальтов и на основе рентгенометрической диагностики, выполненной с применением дифракционной базы данных PDF-2, это отражение может быть отнесено к плагиоклазу анортитового состава – $Ca(Al_2Si_2O_8)$.

Присутствие на рентгенограммах только одного отражения этого минерала можно интерпретировать как результат тонкопластинчатой формы кристаллитов с наиболее развитой поверхностью (001). Эти 2D-наноразмерные минеральные индивиды анортита на поверхности волокна следует отнести к новообразованным фазам в процессе вытяжки. При термообработке они в основном исчезают, вероятно, из-за структурных перестроек на поверхности волокна.

Исходя из того что изменения в структуре базальтового волокна являются следствием перестройки компонентов алюмосиликатной стеклофазы, представляющей собой совокупность наноразмерных кластеров силикатных группировок, изучение которых методами рентгеновской дифракции весьма затруднено. Детализацию представлений о механизме воздействия термической обработки при 500°C на микрофибру изучали с применением Фурье-ИК-спектроскопии. Учитывая тот факт, что экспериментально полученная кривая спектра представляет собой суперпозицию отдельных спектральных линий, для определения положения, относительной интенсивности и количества спектры обрабатывали методом деконволюции, основанным на применении пре-

образования Фурье. Коэффициент корреляции для каждого разложения составлял более 0,99. Учитывая тот факт, что модификация приводит к перестройке алюмосиликатной структуры стеклофазы, подробно рассматривались спектры в области поглощения преимущественно силикатных группировок – 370–1700 см⁻¹.

Сравнение ИК-спектров базальтового волокна до и после термической модификации показало видоизменение профилей полос поглощения (ПП) алюмосиликатных групп в области 1000–1300 см⁻¹ (рис. 3).

В частности, обработка вызывает уменьшение интенсивностей полос поглощения 1019 и 1052 см⁻¹, характерных для валентных колебаний мостиковых связей Si–O–Si(Al) в цепочечных анионных группировках (Q²) клинопироксенов. На фоне этого происходит рост интенсивностей полос каркасных структурных фрагментов (Q⁴) в области волновых чисел 1084–1300 см⁻¹.

Отмеченные обстоятельства свидетельствуют об увеличении степени полимеризации, так как повышение концентрации каркасных группировок (Q⁴) происходит за счет уменьшения количества цепочечных фрагментов (Q²). Благодаря этому происходит уплотнение структуры базальтового волокна, что в конечном итоге положительным образом сказывается на стойкости фибры к щелочному воздействию. Такие структурные сдвиги становятся возможны из-за перехода Fe⁺² в Fe⁺³ в результате термообработки в окислительных условиях, что отмечается многими исследователями. Согласно литературным данным, в базальтовых стеклах ионы Fe⁺² имеют эффективное координационное число, близкое к пяти, а ионы Fe⁺³ находятся преимущественно в тетраэдрической координации. Это означает, что Fe⁺² является модификатором стекла (разрыхляет сетку), а Fe⁺³ в тетраэдрической позиции – сеткообразователь. Исходя из того что Fe⁺³ начинает проявлять кислотные свойства, происходит уменьшение катионной части в составе базальтового волокна. Для создания локального структурного равновесия и происходит перестройка алюмосиликатной матрицы стеклофазы в сторону увеличения степени полимеризации. Последние обстоятельства способствуют выносу двухвалентных катионов, в частности Ca и Mg, на поверхность, которые под действием CO₂ воздуха превращаются в карбонаты, характерные полосы которых (1415–1424; 877; 712–719 см⁻¹) наблюдаются на ИК-спектрах. Увеличение интенсивностей этих спектральных линий в модифицированном волокне по сравнению с исходным является доказательством описанных процессов.

Описанный переход Q²→Q⁴ подтверждает также уменьшение интенсивностей профилей спектральных линий в области 400–550 см⁻¹, которые отвечают за деформационные колебания концевых связей O–Si(Al)–O, количество которых в цепочечных анионах значительно больше, чем в каркасных структурах.

Помимо структурной перестройки в волокнах с его поверхности происходит удаление адсорбированной воды, о чем можно судить по уменьшению интенсивностей полос поглощения в области 1617–1665 см⁻¹ с максимумом 1637–1639 см⁻¹ (рис. 4). Определенную долю в интенсивность этих профилей вносит гигроскопичность твердого растворителя (бромид калия), однако близость условий пробоподготовки образцов (толщина таблетки, время смешивания и др.) дает основание сравнивать данные профили. Возможно, высокая концентрация адсорбированной воды на поверхности необработанной фибры связана с разрыхленностью ее структуры, химической и энергетической неоднородностью поверхности, способной к физико-химическому взаимодействию с водой и другими агентами.

Согласно имеющимся представлениям, степень основности структурных фрагментов базальтовых (и во-

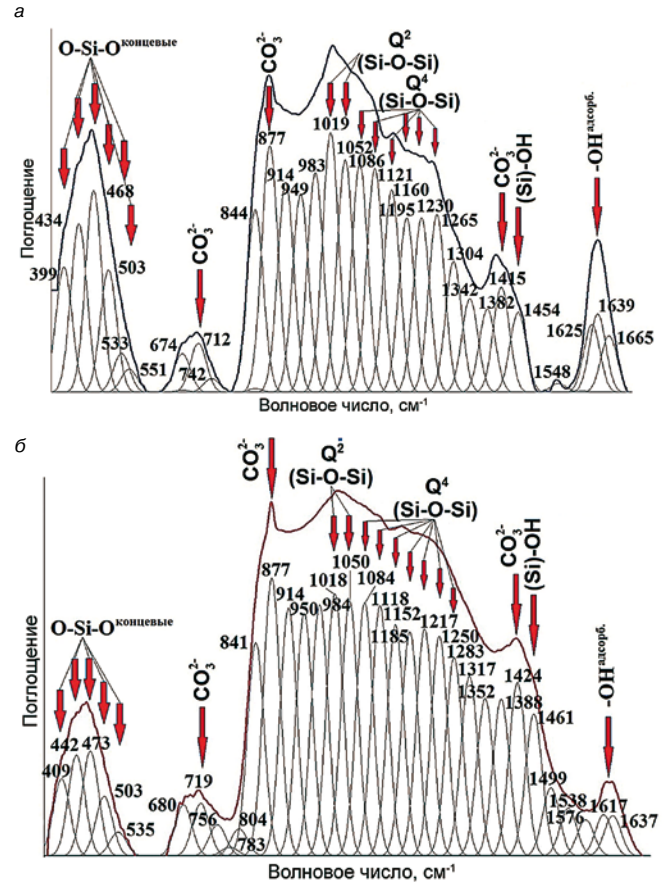


Рис. 4. Сравнительная диаграмма нормированных профилей ИК-спектров: а – исходного; б – термообработанного волокна

обще) стекол повышается с понижением степени полимеризации силикатного структурного мотива, и наоборот. В соответствии с полученными результатами на обработанном волокне отмечается значительно большее содержание кислотных брэнстедовских активных центров (с 78 мг-экв./г для исходного волокна до 150 мг-экв./г для термообработанного волокна), что вполне согласуется с теорией кислотности/основности алюмосиликатных материалов. Увеличение центров адсорбции может также являться следствием удаления адсорбированной воды с активных центров поверхности, взаимодействие с которыми происходило по механизму образования водородных связей.

На основании анализа изменения микроструктуры поверхности волокна, активных центров, фазового состава по данным ИК-спектроскопии и РФА волокна до и после термической обработки была предложена феноменологическая модель процесса модификации поверхности базальтового волокна при термической обработке, основанная на переходе Fe²⁺ в Fe³⁺ в пироксеновой фазе стекла в окислительных условиях. Происходящая при этом смена координационного окружения FeVI в FeIV инициирует образование связей между (Si₂O₆)⁴⁻ цепями и их трансформацию в каркасный структурный тип [(Fe³⁺, Si₂)O₆]⁻¹ с образованием железосодержащих плагиоклазовых фаз. Увеличение количества кислотных брэнстедовских центров в два раза и интенсивности полос поглощения мостиковых связей Si–O–Si в области волновых чисел 1200 см⁻¹, соответствующих каркасным структурным фрагментам (Q⁴), происходит за счет уменьшения количества цепочечных фрагментов (Q²) и свидетельствует о повышении степени полимеризации анионного компонента при термообработке. Данные процессы приводят к уплотнению структуры фибры и

способствуют повышению ее щелочестойкости, что подтверждается морфоструктурными особенностями поверхности термообработанного базальтового волокна, выдержанного в цементном растворе.

Таким образом, процессы, инициированные температурной обработкой, способствуют повышению коррозионной стойкости базальтового волокна в щелочной среде. Это приводит к повышению эффективности ее использования в качестве микроармирующего компонента при проектировании цементных композитов.

Ключевые слова: базальтовое волокно, фибра, термообработка, щелочестойкость, модель.

Список литературы

1. Юрьев А.Г. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон с использованием техногенного песка // Известия вузов. Строительство. 2008. № 11. С. 121–125.
2. Клюев С.В. Ползучесть и деформативность дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 85–87.
3. Юрьев А.Г., Калачук Т.Г., Павленко В.И., Панченко Л.А., Рубанов В.С. Тонкие подпорные стенки из стеклофибробетона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 28–31.
4. Бучкин А.В., Степанов В.Ф. Цементные композиции повышенной коррозионной стойкости, армированные базальтовыми волокнами // Строительные материалы. 2006. № 7. 82–83.
5. Гаршев А.В., Кнотько А.В., Пулькин М.Н. и др. Окислительная коррозия базальтового волокна // Коррозия: материалы, защита. 2005. № 7. С. 33–39.
6. Аблесимов Н.Е., Малова Ю.Г., Бондаревский С.И. Реликтовая кристалличность и качество базальтового стекловолокна (месбауэровские исследования) // Стекло и керамика. 2006. № 3. С. 12–13.
7. Кнотько А.В., Гаршев А.В., Меледин А.А., Судьин В.В., Путляев В.И. Процессы при ионообменной обработке поверхности базальтового стекловолокна // Строительные материалы. 2011. № 9. С. 75–77.
8. Бабаев В.Б., Строкова В.В., Нелобова В.В., Савгир Н.Л. К вопросу о щелочестойкости базальтовой фибры в цементной системе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 63–66.
9. Кнотько А.В., Путляев В.А., Гаршев А.В., Третьяков Ю.Д. Химические методы повышения коррозионной и термической стойкости базальтовых стекловолокон // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2007. № 3. С. 60–71.
10. Кнотько А.В., Меледин А.А., Судьин В.В., Гаршев А.В., Путляев В.А., Третьяков Ю.Д. Модификация поверхности базальтового волокна для использования в стеклофибробетонных композитах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 16–20.
11. Жерновский И.В., Строкова В.В., Мирошников Е.В., Бухало А.Б., Кожухова Н.И., Уварова С.С. Некоторые возможности применения полнопрофильного РФА в задачах строительного материаловедения // Строительные материалы. 2010. № 3. С. 102–105.

Международная строительная
и интерьерная выставка

Build
Ural



- Строительство
- Отделочные материалы
- Инженерные системы
- Керамика и сантехника
- Окна и фасады
- Строительная техника

Организатор:



Тел.: +7 (343) 380-22-80
E-mail: build-ural@ite-ural.ru

Д.С. ТОЛМАЧЕВ, инженер (Tolmach_serg@mail.ru),
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (Украина)

Влияние усадки на структуру и прочность растворов

Расширение объемов применения монолитного бетона в строительстве приводит к тому, что требует дальнейшего рассмотрения проблема возникновения и развития в твердеющем бетоне деформаций усадки. Усадка бетонов ведет к образованию различного рода трещин, поверхностному шелушению и ухудшению свойств бетона. Исследователи, занимающиеся проблемами усадки, в основном рассматривают причины ее проявления. Значительно меньше исследованы последствия усадки. Например, в отношении влияния усадки на прочность бетона взгляды ученых неоднозначны: имеются сведения о том, что усадка оказывает существенное отрицательное влияние на прочность, но есть и противоположное мнение. Поэтому исследования в этом направлении являются актуальными.

Практически все исследователи сходятся во мнении, что основной причиной усадки является избыточное количество влаги в бетоне. Известно, что вода в бетонной смеси находится в различных состояниях [1]. Относительно небольшая (до 10–15%) часть воды затвердения вступает в реакции гидратации и находится в химически связанном состоянии. Часть воды, адсорбируясь на поверхности твердой фазы, связывается физико-химически. Количество физико-химически связанной воды меняется в процессе гидратации из-за увеличения количества твердой фазы за счет появления новообразований. Свободная вода составляет основное количество воды, заполняет поры и капилляры, находится в межзерновом пространстве. Количество свободной воды определяет консистенцию бетонной смеси. Кроме того, увеличение ее количества приводит к раздвижке частиц заполнителя и утолщению водных оболочек на их поверхности. Это приводит к отклонению от оптимальных значений коэффициентов раздвижки зерен щебня и песка в составе бетонной смеси, ведет к ослаблению сил молекулярного сцепления и капиллярных сил, следствием чего является увеличение подвижности смеси. Значительное количество свободной воды может привести к расслоению бетонной смеси.

Одной из наиболее нежелательных особенностей твердения свежесушеного бетона в условиях высокой температуры и недостаточной влажности является интенсивное испарение из него влаги, которому сопутствуют различные деструктивные процессы, в первую очередь пластическая усадка [2]. Уже в первые часы твердения на поверхности бетона появлялись трещины длиной более 1 м, глубиной до 10 см и шириной раскрытия до 3–4 мм. Образуется также сетка трещин и большое количество микротрещин. Величина усадки зависит от соотношения между цементным тестом (причина появления усадочных деформаций – сжимающая фаза) и заполнителем (останавливающим развитие усадки – тормозящая фаза). Большими деформациями пластической усадки характеризуется система, полностью состоящая из сжимающей фазы, а самыми малыми – бетон, содержащий наибольшее количество тормозящей фазы. При этом крупный заполнитель, формируя каркас, сдерживает усадку.

Сдерживающим усадку фактором в твердеющем цементном тесте является то, что цементный камень начинает приобретать прочность, а также из-за миграции влаги из глубины бетона к поверхности. В то же время в наружных слоях материала при миграции и далее при испарении возникают растягивающие напряжения, превышающие достигнутую ими прочность и приводящие к появлению значительных усадочных трещин. Кроме того, образуются микротрещины в зоне контакта цемент–заполнитель. С другой стороны, отмечают, что при усадке происходит уплотнение структуры.

Эти процессы и вызванные ими явления не могут не оказывать влияния на качество бетонов. Поэтому целью исследования являлось установление характера влияния усадки на структуру и прочность растворов.

В исследованиях использовали пески: мелкий Безлюдовского карьера Харьковской области с $M_{кр}=1,3$; песок средней Вознесенского карьера Николаевской области с $M_{кр}=2,2$; цемент ПЦ I-500 и ПЦ II/A-III – 400 Балаклейского цементного завода. Химические добавки: ускорители – хлорид и нитрат натрия; суперпластификаторы с замедляющим действием Sm12 и с ускоряющим действием Sm21 (производство фирмы «Конвисоль», Украина).

Аналогичные результаты получены авторами статьи [3], в которой указано, что при введении пластификатора с выраженным замедляющим действием – ЛСТ внутренние напряжения от усадки уменьшаются.

Для оценки влияния химических добавок из растворов смесей изготавливали образцы-балочки размером 40×40×160 мм, которые твердели при температуре +18–22°C и относительной влажности 60–63%. Деформации усадки измеряли в течение первых 14 сут твердения (табл. 1).

Как видно из приведенных данных, наименьшая усадка к 3 сут твердения наблюдается у растворов без добавок. Введение ускорителя схватывания хлорида натрия приводит к значительному увеличению усадочных деформаций – в три раза. Применение ускорителя твердения нитрата натрия также вызывает увеличение усадки на 30%. Интересно, что в случае применения суперпластификатора с некоторым замедляющим действием Sm12 усадка по сравнению с раствором без добавок не увеличивается. В то же время введение суперпластификатора с ускоряющим действием вновь приводит к росту деформаций усадки на 67%. Это свидетельствует о том, что ускорение твердения растворов на начальном этапе ведет к росту усадочных деформаций.

Большую роль в характере развития усадки играет состав бетона и содержание в нем цемента. Это объясняется тем, что цемент при твердении вносит свой вклад в развитие общих деформаций усадки – контракцион-

Таблица 1
Усадка растворов состава Ц:П=1:2 в возрасте 3 сут

Добавка	Без добавки	3% NaCl	3% NaNO ₃	1% Sm12	1% Sm21
Усадка	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$4,8 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$

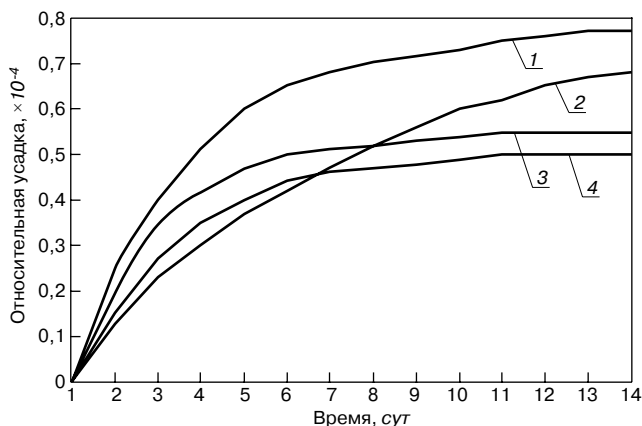


Рис. 1. Усадка растворов с $C=400 \text{ кг/м}^3$ ($C:P=1:4$): 1 – Ц М400, $P_{M_{кр}}=1,3$; 2 – Ц М500, $P_{M_{кр}}=1,3$; 3 – Ц М500, $P_{M_{кр}}=2,2$; 4 – Ц М400, $P_{M_{кр}}=2,2$

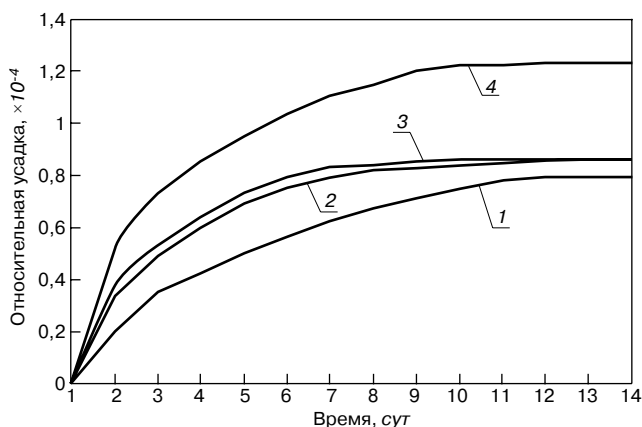


Рис. 2. Усадка растворов с $C=500 \text{ кг/м}^3$ ($C:P=1:3$): 1 – Ц М400, $P_{M_{кр}}=1,3$; 2 – Ц М500, $P_{M_{кр}}=1,3$; 3 – Ц М500, $P_{M_{кр}}=2,2$; 4 – Ц М400, $P_{M_{кр}}=2,2$

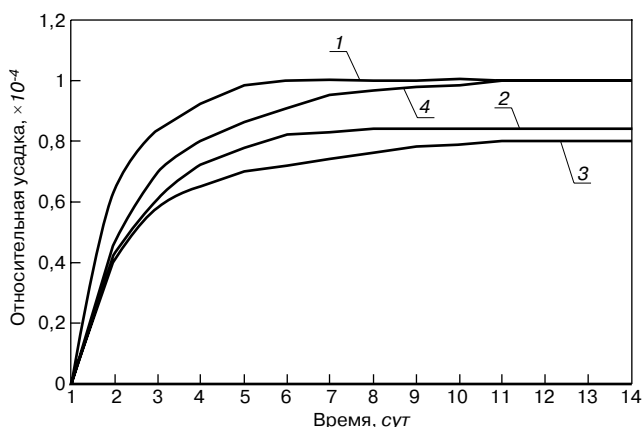


Рис. 3. Усадка растворов с $C=650 \text{ кг/м}^3$ ($C:P=1:2$): 1 – Ц М400, $P_{M_{кр}}=1,3$; 2 – Ц М500, $P_{M_{кр}}=1,3$; 3 – Ц М500, $P_{M_{кр}}=2,2$; 4 – Ц М400, $P_{M_{кр}}=2,2$

ную усадку. На сегодня не существует единого мнения о том, в каком случае преобладает воздушная усадка и когда начинается действие контракции. Например, в статьях [4, 5] показано, что при введении поликарбонатных гиперпластификаторов в цементные композиты общая усадка цементного камня меняется несущественно, за счет уменьшения контракционной пористости. Поэтому в дальнейших исследованиях наблюдали развитие усадки на растворах различного состава, которые твердели в лаборатории при температуре $+24-26^\circ\text{C}$ и влажности 45–50%.

Песчаные бетоны с соотношением $C:P=1:4$. Для этих бетонов с расходом цемента 400 кг/м^3 (рис. 1) наименьшая усадка отмечена в случае применения средних песков с модулем крупности 2,2 на цементе М400. Ее величина не превышает $0,5 \cdot 10^{-4}$ к 14-м сут твердения. А к 7-м сут она такая же, как у бетонов на очень мелких песках с модулем крупности 1,3 и цементе М500. Усадочные деформации развиваются особенно интенсивно в первые 7 сут, далее равномерно затухают.

При повышении марки цемента характер развития усадки не меняется — для бетонов на средних песках и цементе М500 она также интенсивно развивается в течение первых 7 сут, а затем затухает. К 14-м сут ее величина превышает усадку песчаных бетонов на цементе М400 незначительно — на 10%.

Уменьшение модуля крупности песка с 2,2 до 1,3 приводит к изменению характера развития усадки. Деформации в этом случае развиваются достаточно интенсивно и равномерно в течение всех 14 сут. К концу этого периода они также затухают. Так, для бетонов на цементе М500 величина усадки к 14-м сут достигает $0,68 \cdot 10^{-4}$, что на 24–36% выше, чем величина усадки на бетонах со средним песком.

Наибольшая усадка отмечена для бетонов на очень мелких песках и цементе М400. Ее величина достигает $0,78 \cdot 10^{-4}$, что превышает усадку бетонов на средних песках на 40–55%.

Это позволяет сделать вывод, что при снижении активности цемента и уменьшении модуля крупности песков усадка развивается более длительное время и достигает большей величины. Такая усадка полностью определяется ее воздушной составляющей, т. е. усадкой при испарении влаги из бетона.

Песчаные бетоны с соотношением $C:P=1:3$. Для бетонов с расходом цемента 500 кг/м^3 характер развития усадки изменяется — она развивается более длительное время и достигает большей величины (рис. 2). Например, для песчаных бетонов на среднем песке и цементе М400 усадка повышается с $0,5 \cdot 10^{-4}$ (бетоны с расходом цемента 400 кг/м^3) до $0,8 \cdot 10^{-4}$. Аналогично величина усадки возрастает для всех бетонов в 1,5–1,6 раза.

Такой характер развития усадочных деформаций может свидетельствовать о том, что свой вклад в усадку начинает вносить контракция. За счет контракции происходит уменьшение объема цементного камня при гидратации так, что суммарный объем исходных клинкерных материалов и воды меньше конечного объема полученных кристаллогидратов. Поскольку этот процесс происходит не сразу, а постепенно, усадка развивается более длительное время (как в нашем случае). Но при этом величина усадки может возрастать за счет вклада усадочных деформаций от контракции.

Можно отметить, что в этом случае, так же как и в предыдущем, наибольшая усадка характерна для бетонов с очень мелким песком и цементом меньшей марки.

В то же время в бетонах на средних песках расход воды меньше, что снижает эффект влияния воздушной усадки.

Песчаные бетоны с соотношением $C:P=1:2$. В бетонах с расходом цемента 650 кг/м^3 наибольшая усадка отмечается в случае применения низкомарочного цемента независимо от модуля крупности применяемого песка (рис. 3).

При этом общая величина усадки для бетонов на среднем песке возросла по сравнению с усадкой бетонов при расходах цемента 400 и 500 кг/м^3 в 2 и 1,25 раза соответственно. Это свидетельствует о том, что вклад контракции в общую величину усадки бетона с увеличением расхода цемента возрастает (рис. 4).

Таблица 2

Физико-механические свойства растворов

Добавка	Величина усадки на 7-е сут	Прочность, МПа				Истираемость, г/см ²	Водопоглощение, мас. %
		R _{сж}		R _{изг}			
		3 сут	28 сут	3 сут	28 сут		
–	7,8·10 ⁻⁵	15,6	28,7	2,22	4,15	0,56	6,1
3% метакаолина	4,6·10 ⁻⁵	19,6	35,3	2,81	5,19	0,41	4,1
5% метакаолина	3·10 ⁻⁵	21,4	39,5	3,44	5,73	0,34	3,6
7% метакаолина	2,8·10 ⁻⁵	19	36,9	3,21	5,42	0,32	3,2

Примечание: твердение при t = + 26°C; φ = 50%.

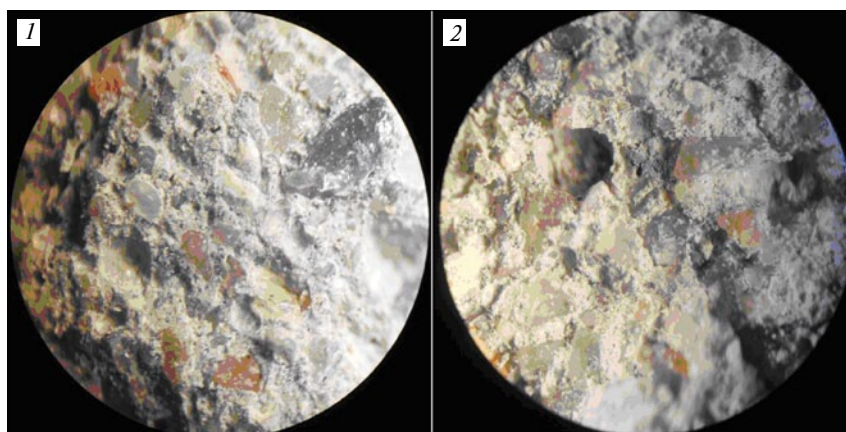


Рис. 4. Песчаный бетон с содержанием цемента: 1 – 400 кг/м³; 2 – 500 кг/м³

В целом можно сказать, что снижение марки цемента приводит к большему увеличению деформаций усадки, чем уменьшение крупности песка.

Вышеприведенные данные нашли подтверждение в исследованиях [6]. На основании анализа испарения влаги из растворов с различным расходом песка показано, что величина и скорость испарения воды при твердении различна.

Из приведенных графиков (рис. 5) очевидно, что к 3-м сут влапотери для состава Ц:П=1:1 – 1:3 составляют 0,39 г/см². При уменьшении доли цемента в составе раствора наблюдается снижение уровня влапотери на 10–15%. Минимальные потери приходятся на растворы состава Ц:П=1:4–1:5. Это подтверждает полученные данные о том, что при повышенных расходах цемента в составе раствора к воздушной усадке добавляется усадка от контракции. Последующее уменьшение расхода цемента приводит к увеличению влапотери на 30%, что

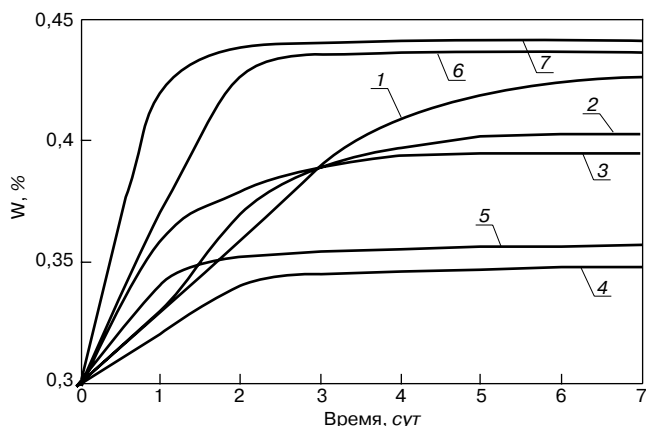


Рис. 5. Влияние расхода цемента на влапотери из бетона: 1 – Ц:П=1:1; 2 – Ц:П=1:2; 3 – Ц:П=1:3; 4 – Ц:П=1:4; 5 – Ц:П=1:5; 6 – Ц:П=1:6; 7 – Ц:П=1:7 при t = +30°C и φ = 45–60%

объясняется снижением плотности раствора, при котором облегчается испарение воды затвердения за счет увеличения количества свободной влаги на зернах заполнителя.

Известно, что введение микронаполнителей приводит к изменению свойств бетонной смеси и бетонов [7–9]. В первую очередь это должно отражаться на усадке и прочности растворов.

В состав растворов Ц:П=1:3 вводили метакаолин в количестве 3; 5; 7% от массы цемента. Испытания показали, что метакаолин способствует существенному уменьшению усадки (табл. 2). Ее величина уменьшается в 1,7–2,8 раза.

Метакаолин уплотняет в первую очередь микроструктуру раствора, т. е. цементный камень, тем самым резко снижается влияние контракционной составляющей усадки. Это приводит к повышению прочности растворов, которая увеличивается при оптимальном количестве метакаолина на 37% при сжатии и на 55–38% на растяжение при изгибе. Рост прочности в большей степени на растяжение при изгибе свидетельствует о большей упорядоченности и однородности структуры. Это подтверждает снижение коэффициента однородности структуры (по И.М. Грушко), являющегося отношением прочности при сжатии к прочности при изгибе. Такие структурные изменения привели к уменьшению в два раза водопоглощения и в 1,75 раза истираемости раствора.

Выводы

1. Установлено, что с увеличением расхода цемента в составе растворов усадка складывается из воздушной и контракционной составляющих, а ее величина возрастает за счет контракции.
2. Показано, что понижение активности цемента приводит к большему увеличению деформаций усадки, чем уменьшение крупности песка.
3. Доказана положительная роль метакаолина в снижении усадки и формировании структурно-механических свойств растворов.

Ключевые слова: долговечность, прочность, усадка бетона, цементный раствор, деформации, структура, метакаолин.

Список литературы

1. Питерский А.М., Шляхова Е.А., Васильев С.М. Эффективность использования пылевидных отходов в технологии бетона // Эффективные материалы и конструкции для сельскохозяйственного строитель-

- ства: Сб. трудов международной конференции. Новосибирск. 1995. С. 94–97.
2. *Миронов С.А., Невакионов А.Н., Малинский Е.Н.* Пластическая усадка бетона в условиях сухого жаркого климата // Бетон и железобетон. 1977. № 8. С. 32–34.
 3. *Королев Е.В., Очкина Н.А., Бакенов Ю.М., Прошин А.П., Саженко С.М., Очкин И.А.* Усадочные деформации и внутренние напряжения в радиационно-защитных строительных растворах на основе высокоглиноземистого цемента // Строительные материалы. 2004. № 6. С. 26–28.
 4. *Несветаев Г.В., Давидюк А.Н.* Гиперпластификаторы Melflux для сухих строительных смесей и бетонов // Строительные материалы. 2010. № 3. С. 38–39.
 5. *Несветаев Г.В., Давидюк А.Н.* Влияние некоторых гиперпластификаторов на пористость, влажностные деформации и морозостойкость цементного камня // Строительные материалы. 2010. № 1. С. 44–46.
 6. *Толмачев С.Н.* Роль мелких заполнителей в формировании структуры и свойств долговечных дорожных цементных бетонов // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов: Сб. докладов международной научно-практической конференции. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. Ч. 3. Белгород. 2010. С. 255–262.
 7. *Дворкин Л.И., Рунова Р.Ф., Лушнікова Н.В., Троян В.В.* Метакраолін в будівельних розчинах і бетонах. Київ: Вид. КНУБіА, 2007. 216 с.
 8. *Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М.* Цементные бетоны с минеральными наполнителями. Киев: Будівельник, 1991. 136 с.
 9. *Перфилов В.А.* Трещиностойкость бетонов [Монография] Волгоград: Волгоградская государственная архитектурно-строительная академия. 2000. 240 с.



13-17 мая 2014

СТРОЙ-КОМПЛЕКС РЕГИОНОВ РОССИИ

20-й международный специализированный строительный салон современных технологий и оборудования для стройиндустрии, дорожно-строительной техники, инженерных сетей, а также строительных и отделочных материалов

Выставочный центр
ПЕРМСКАЯ ЯРМАРКА

614077, Россия, Пермь,
бульвар Гагарина, 65
(+7 342) 262-58-58
www.expoperm.ru

Время работы выставки
13 мая: 12.00 - 19.00
14 - 16 мая: 10.00 - 19.00
17 мая: 10.00 - 17.00



anexpo su международная специализированная выставка индустрии нерудных материалов

NERUDEX

Россия, Москва
25-27 февраля 2014

► Проводится в тандеме с международной специализированной выставкой асфальтовой индустрии **ASPHALTEX**

Основные разделы:

- Минералы и нерудные материалы: камень природный, строительный; песок речной, карьерный, кварцевый; песчано-гравийные смеси; щебень гранитный, известняковый, гравийный; отсеи; торф, грунт, чернозём, торфо-грунтовые смеси; глина, керамзит; асбест; силикаты; нерудные ископаемые вулканического происхождения; мелы, извести, карбонатные породы; минеральный порошок; гипс;
- Разработка месторождений нерудных материалов
- Производство маркшейдерских работ
- Проектирование и строительство предприятий по добыче, обработке и производству нерудных материалов
- Оборудование, техника, комплектующие, запчасти, оснастка для добычи и обработки нерудных материалов
- Автоматизация производственных процессов
- Буровзрывные работы
- Технологии разработки и производства нерудных материалов
- Транспортировка, перевалка, хранение
- Утилизация отходов, уборка территории, экологическое сопровождение
- Инженерные изыскания, научные исследования
- Сертификация, лицензирование, контроль качества

Деловая программа: научно-практические конференции «Современное состояние и перспективы развития производства и использования нерудных материалов», «Состояние и перспективы развития рынка асфальтов и битумов в России»,

Дирекция выставки: ООО «Оргтехстрой», г. Москва, ул. Б. Серпуховская, д. 44.
Тел.: 8 (498) 657-21-36, (499) 685-00-23, <http://an-expo.ru>, info@an-expo.ru

С.В. КОТОВ, инженер (kottoffser@gmail.com), С.П. СИВКОВ, канд. техн. наук, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (Москва)

Интенсификация измельчения цемента с добавкой известняка

Цементный бетон является наиболее широко применяемым конструкционным материалом в мире. Общее применение цементного бетона в строительстве выше по сравнению с такими распространенными строительными материалами, как кирпич, сталь и дерево [1]. В настоящее время мировой выпуск портландцемента оценивается в 3400 млн т. Ввиду широкого потребления и производства цемента общий урон окружающей среде, создаваемый производством основного компонента бетона – портландцемента является очень высоким. В качестве примера следует указать, что общемировое производство портландцемента дает примерно 5–7% выбросов CO₂ в атмосферу. В целом производство 1 т цемента приводит к выбросу в атмосферу 650–950 кг диоксида углерода [2]. Общее потребление энергии цементным производством во всем мире составляет около 18,7 млрд кВт·ч [3].

В настоящее время индустрия производства цемента ищет способ сокращения вреда, наносимого окружающей среде, и снижения количества потребляемой энергии. Одним из наиболее распространенных путей решения данной проблемы является замена части состава портландцемента другим материалом, таким как известняк, зола или доменный шлак.

Однако измельчение портландцемента с минеральной добавкой, одной из которых является известняк, зачастую представляет серьезную технологическую проблему. Известняк, как правило, более легко размалывается чем цементный клинкер, что приводит к переизмельчению добавки и к недостаточному измельчению клинкерной составляющей портландцемента. Известно, что частицы измельченной добавки, такой как известняк, имеют заряд на поверхности выше, чем у частиц цементного клинкера [4], что обуславливает налипание частиц известняка на поверхность мелющих тел, что значительно ухудшает процесс измельчения цементов с добавкой известняка. Такой эффект приводит к снижению строительно-технических свойств полученного цемента, особенно таких как активность и прочность на ранних этапах твердения. Наиболее доступным способом решения проблемы измельчения цементов с добавкой известняка является использование веществ – интенсификаторов помола.

Общее действие интенсификаторов помола сводится к повышению размалываемости и улучшению процесса измельчения материала. Наиболее часто в качестве интенсификаторов помола применяются алканолламины

(диэтанолламин, триэтанолламин, триизопропанолламин), гликоли (полиэтиленгликоль, полипропиленгликоль, диэтиленгликоль), а также поверхностно-активные вещества (ПАВ), обычно используемые в качестве пластификаторов растворных и бетонных смесей (технические лигносульфонаты, полинафталинсульфонаты, поликарбоксилаты, полиакрилаты и др.). Количество вводимых интенсификаторов помола обычно не превышает 0,02–0,08% от массы цемента.

Действие интенсификаторов помола в настоящий момент объясняется двумя механизмами. Первый механизм подразумевает адсорбционное действие интенсификаторов помола, направленное на снижение прочности твердых тел из-за снижения энергии, необходимой для образования новой поверхности частиц материала, – данный эффект также называется эффектом П.А. Ребиндера. Второй механизм действия интенсификаторов помола подразумевает нейтрализацию некомпенсированных электрических зарядов, образующихся при разрыве химических связей в структуре материала при его измельчении. К добавкам, понижающим прочность твердых тел, относят различные ПАВ, а к добавкам, нейтрализующим заряды – алканолламины с высоким дипольным моментом молекулы и полигликоли.

В качестве интенсификаторов помола цемента должны быть эффективны соли органических кислот, а именно растворы солей электролитов, ацетаты и формиаты, имеющие крупные анионы, которые способны компенсировать свободные заряды на поверхности частиц измельчаемого материала, тем самым улучшая размолоспособность цемента.

Можно предположить, что наиболее эффективный интенсификатор помола должен совмещать оба механизма действия, направленных на повышение размолоспособности материала. Синтез данного соединения возможен путем смешивания интенсификаторов помола, различающихся механизмом действия при измельчении материала.

Таблица 1
Составы многокомпонентных интенсификаторов помола

Маркировка	Состав, мас. %
ИП–1	25% ПАВ + 75% ТЭА
ИП–2	25% ПАВ + 75% АК в растворе
ИП–3	25% ТЭА + 75% АК в растворе

Таблица 2

Удельная поверхность портландцемента с добавкой известняка

Время измельчения	Тип вводимой добавки / удельная поверхность, м ² /кг						
	Б/Д	0,04% ПАВ	0,04% ТЭА	0,04% АК	0,04% ИП–1	0,04% ИП–2	0,04% ИП–3
1 мин	232	223	212	238	237	233	232
2 мин	289	298	275	307	290	303	304
3 мин	341	344	330	353	349	339	353
4 мин	382	379	368	389	393	380	386
5 мин	411	412	395	404	414	410	414

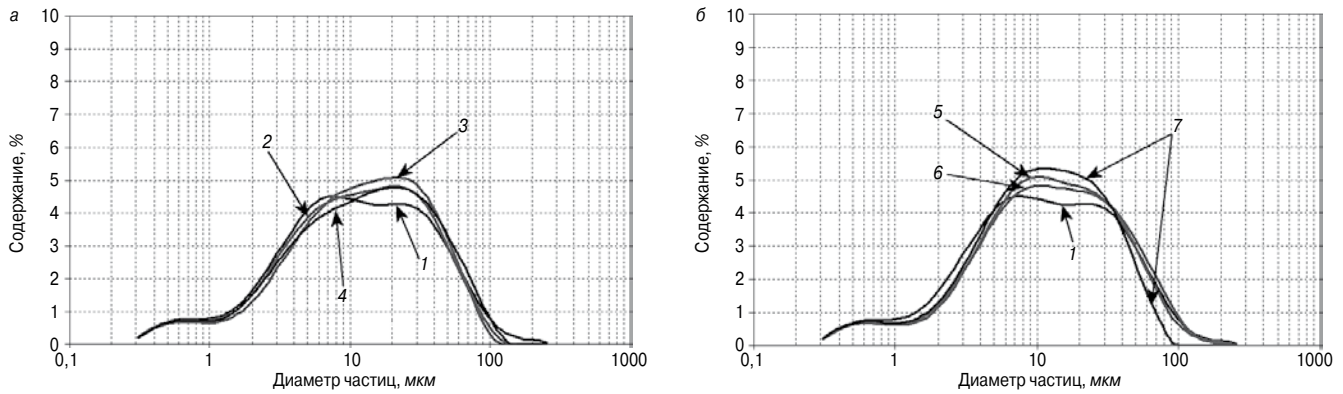


Рис. 1. Гранулометрические кривые цемента с добавкой известняка: а – с использованием ПАВ, ТЭА и АК; б – с использованием многокомпонентных интенсификаторов помола ИП-1, ИП-2, ИП-3; 1 – бездобавочный; 2 – добавка 0,04% ПАВ; 3 – добавка 0,04% ТЭА; 4 – добавка 0,04% АК; 5 – добавка 0,04% ИП-1; 6 – добавка 0,04% ИП-2; 7 – добавка 0,04% ИП-3

В работе исследовалось влияние интенсификаторов помола различного состава на процесс измельчения и свойства портландцемента, содержащего 10 мас. % известняка.

В качестве интенсификаторов помола были выбраны следующие соединения: триэтаноламин (ТЭА) в виде водного раствора с концентрацией активного вещества, равной 80%; гиперпластификатор поликарбоксилатного типа, выбранный в качестве ПАВ, в виде водного раствора с концентрацией 25% активного вещества; водный раствор соли ацетата кальция (АК) с концентрацией 25% активного вещества, а также синтезированные многокомпонентные интенсификаторы помола, состав которых представлен в табл. 1.

В работе использовался рядовой клинкер ОАО «Себряковцемент», природный гипсовый камень и природный белый известняк. Помол цемента осуществлялся в лабораторной мельнице типа АПР, анало-

гичной принципу работы мельницы Цейделя. Определение удельной поверхности материала осуществлялось методом воздухопроницаемости на поверхностемере ПМЦ–500. Гранулометрический состав измельченных цементов определяли на лазерном гранулометре MasterSizer согласно инструкции к прибору. Определение тепловыделения при гидратации цементов проводилось на дифференциальном микрокалориметре согласно инструкции к прибору. Для исследования прочностных характеристик цементного камня формовались образцы-балочки с размерами 10×10×30 мм из цементного теста с постоянным водоцементным отношением равным 0,3.

Оптимальная концентрация вводимых веществ интенсификаторов помола составила 0,04 мас. % от массы измельченного материала.

Результаты определения удельной поверхности цементов с добавкой известняка, измельченных в течение 5 мин, представлены в табл. 2. Удельная поверхность цементов, измельченных с введением интенсификаторов помола всех типов, незначительно отличается от удельной поверхности исходного цемента.

Анализ гранулометрических составов и характеристик портландцемента с добавкой известняка, измельченного в течение 5 мин (табл. 3, рис. 1), показал, что интенсификаторы помола оказывают основное действие на фракционный состав портландцемента. Раствор соли ацетата кальция, как и предполагалось, явился хорошим интенсификатором помола. Действие индивидуальных веществ – интенсификаторов помола в целом схоже и направлено на повышение степени измельчения клинкерной составляющей портландцемента, что выражается в увеличении фракции частиц среднего диапазона 10–40 мкм по сравнению с исходным цементом. ТЭА следует рассматривать как наиболее эффективный индивидуальный интенсификатор помола портландцемента с добавкой известняка.

При измельчении портландцемента с добавкой известняка в течение 5 мин многокомпонентные интенсификаторы помола более эффективны в интенсификации процесса измельчения клинкерной составляющей

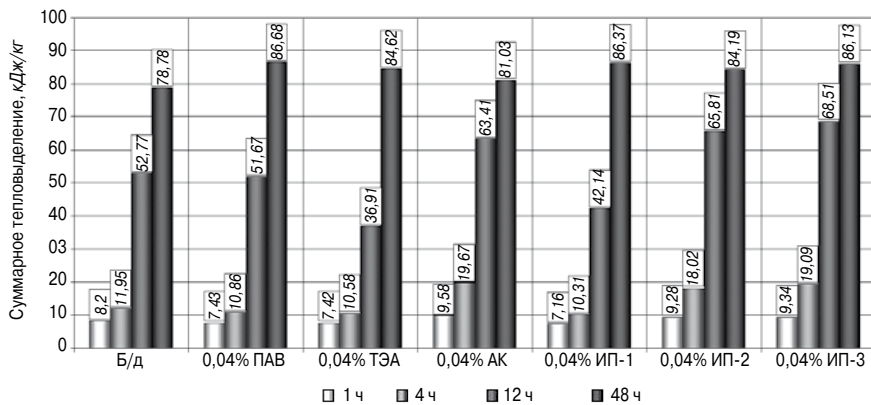


Рис. 2. Влияние интенсификаторов помола на суммарное тепловыделение при гидратации измельченного цемента с добавкой известняка

Таблица 3

Гранулометрические характеристики цемента с добавкой известняка

Тип вводимой добавки	D [2, 3], мкм	Количество фракции, %		
		менее 5 мкм	5–30 мкм	более 30 мкм
Б/д	22,02	24,42	51,86	23,72
0,04% ПАВ	20,22	23,1	54,08	22,82
0,04% ТЭА	19,63	20,52	57,51	21,97
0,04% АК	22,06	22,29	52,2	25,51
0,04% ИП-1	21,86	19,76	56,84	23,4
0,04% ИП-2	22,78	20,3	54,53	25,17
0,04% ИП-3	17,57	21,61	60,05	18,34

Прочностные характеристики цемента с добавкой известняка

Время твердения	Тип вводимой добавки / прочность при сжатии, МПа						
	Б/Д	0,04% ПАВ	0,04% ТЭА	0,04% АК	0,04% ИП-1	0,04% ИП-2	0,04% ИП-3
2 сут	49,3	50,7	51,5	62,8	52,4	67,9	68,2
28 сут	87,7	95,3	96,1	98,6	97,8	97,6	98

портландцемента, чем индивидуальные соединения, что выражается в большем повышении содержания в портландцементе средней фракции диапазона 10–40 мкм по сравнению с исходным цементом. Наиболее эффективно улучшает гранулометрический состав портландцемента с добавкой известняка многокомпонентный интенсификатор помола состава ИП–3 на основе алканоламина и раствора соли электролита.

Оптимизация гранулометрического состава портландцемента, выраженная в повышении содержания фракций частиц размеров 10–40 мкм, очень важна, так как данные фракции частиц оказывают влияние на марочную прочность портландцемента.

Улучшение гранулометрического состава и повышение степени измельчения клинкерной составляющей портландцемента с добавкой известняка из-за действия интенсификаторов помола приводит к улучшению прочностных характеристик по сравнению с исходным цементом. Приведенные прочностные характеристики не являются показателями активности цемента по ГОСТ 310.4–81. Повышение ранней прочности цементного камня на основе портландцемента с добавкой известняка при твердении в течение 2 сут на величину порядка 27–38% по сравнению с исходным добавочным портландцементом (табл. 4) наблюдается у цементов, измельченных с введением интенсификаторов помола на основе ацетата кальция. Повышение прочности цементного камня на основе портландцемента с добавкой известняка, измельченного с введением интенсификаторов помола всех типов, при твердении в течение 28 сут на величину 8–12% (табл. 4) по сравнению с исходным цементом подтверждает увеличение степени измельчения клинкерной составляющей портландцемента с добавкой известняка.

Повышение ранней прочности цементов, измельченных с введением интенсификаторов помола на основе ацетата кальция, можно объяснить тем, что данная соль является ускорителем твердения цемента. Ацетат кальция сохранил это свойство после измельчения цемента, что подтверждается анализом тепловыделения портландцементов с добавкой известняка, измельченных в течение 5 мин, при твердении в течение 48 ч (рис. 2).

Наибольшее увеличение активности портландцемента с добавкой известняка и соответственно тепловыделения при гидратации по сравнению с исходным цементом наблюдается в период с 4 до 12 ч гидратации у цементов, измельченных с интенсификаторами помола на основе ацетата кальция. При твердении в течение 4 ч наблюдается повышение тепловыделения примерно в два раза, а при твердении в течение 12 ч – на 20–30% по сравнению с исходным цементом. Повышение тепловыделения при твердении в течение 48 ч у цементов, измельченных с введением интенсификаторов помола всех типов на величину порядка 3–10%, по сравнению с исходным цементом также подтверждает повышение степени измельчения клинкерной составляющей портландцемента с добавкой известняка.

Предположение о том, что многокомпонентный интенсификатор помола, объединяющий два индивидуальных интенсификатора помола, различающихся преобладающим механизмом действия на измельчение материала, эффективнее индивидуальных интенсификаторов

помола, подтвердилось. Примером такого соединения является в данной работе интенсификатор состава ИП–1.

Однако наиболее эффективным многокомпонентным интенсификатором помола портландцемента с добавкой известняка является интенсификатор состава ИП–3. Механизм действия соли ацетата кальция в целом схож с действием алканоламина, также входящего в состав данного многокомпонентного интенсификатора помола. Эффективность ИП–3 при измельчении цемента с добавкой известняка можно объяснить разной ионной силой компонентов многокомпонентного интенсификатора помола. По предположению авторов, более активный компонент ацетат кальция взаимодействует и при этом нейтрализует заряды на поверхности частиц известняка, что значительно облегчает общий процесс измельчения портландцемента с минеральной добавкой. Менее активный алканоламин ТЭА после нейтрализации зарядов на поверхности частиц известняка взаимодействует непосредственно с частицами клинкерной составляющей цемента, интенсифицируя процесс измельчения последних. Таким образом, реализуется ступенчатый механизм действия многокомпонентного интенсификатора помола при измельчении портландцемента с добавкой известняка.

Использование интенсификатора состава ИП–3 позволяет без повышения удельной поверхности добавочного портландцемента снизить средний объемный размер частиц до 17,57 мкм по сравнению с 22,02 мкм у исходного цемента. Интенсификатор ИП–3 повышает степень измельчения клинкерной составляющей портландцемента с добавкой известняка, что выражается в значительном снижении содержания крупных частиц размером более 50 мкм на 47% по сравнению с исходным цементом. Данное повышение степени измельчения клинкерной составляющей цемента приводит к повышению прочности цементного камня при твердении в течение 28 сут на 12% по сравнению с прочностью цементного камня на основе исходного цемента. Ацетат кальция, входящий в состав ИП–3, сохраняет эффект ускорителя твердения цемента, что значительно увеличивает активность портландцемента с минеральной добавкой в ранние этапы твердения до 12 ч.

Ключевые слова: интенсификаторы помола, портландцемент с добавкой известняка.

Список литературы

1. *Aitcin P.C.* Cements of yesterday and today Concrete of tomorrow // Cement and Concrete Research. 2000. Vol. 30. Pp. 1349–1359.
2. *Skinner L.B., Chae S.R., Benmore C.J., Wenk H.R., Monteiro P.J.M.* Nanostructure of calcium silicate hydrates in cements // Physical Review Letters. 2010. Vol. 104.
3. *Jankovic A., Valery W., Davis E.* Cement grinding optimisation // Minerals Engineering. 2004. Vol. 17. Pp. 1075–1081.
4. *Tanaka I., Koishi M., Shinohara K.* A study on the process for formation of spherical cement through an examination of the changes of powder properties and electrical charges of the cement and its constituent materials during surface modification // Cement and Concrete Research. 2002. Vol. 32. Pp. 57–64.

В издательстве «Стройматериалы» вы можете приобрести специальную литературу

NEW Монография «Защита деревянных конструкций»

Автор – Ломакин А.Д.

Приведены результаты исследований и рекомендации по конструкционной и химической защите деревянных конструкций. Особое внимание уделено защите несущих клееных деревянных конструкций и конструкций из ЛВЛ от эксплуатационных воздействий и возгорания. Описаны традиционные и разработанные автором методы оценки защитных свойств покрытий для древесины, методика и результаты натуральных климатических испытаний покрытий на образцах и фрагментах конструкций. Представлены результаты мониторинга влажностного состояния несущих ДКК в таких крупных объектах, как ЦВЗ «Манеж», крытый конькобежный центр в Крылатском в Москве и др., при проведении которого использована разработанная автором методика оценки древесины с использованием модельных образцов.



NEW Монография «Клееные деревянные конструкции с узлами на клеенных стержнях в современном строительстве (система ЦНИИСК)»

Авторы – Турковский С.Б., Погорельцев А.А., Преображенская И.П.

Система создана на основании длительных исследований (с 1974 г.), проводимых сотрудниками лаборатории деревянных конструкций ЦНИИСК, а также опыта проектирования, изготовления и применения КДК за последние 15–20 лет. Система позволяет получить большепролетные сборные конструкции повышенной надежности, в том числе уникальные.



NEW Учебное пособие «Химическая технология керамики»

Авторы – Андрианов Н.Т., Балкевич В.Л., Беляков А.В., Власов А.С., Гузман И.Я., Лукин Е.С., Мосин Ю.М., Скидан Б.С.

Освещены вопросы современного состояния технологии основных видов керамических изделий строительного, хозяйственно-бытового и технического назначения, а также различных видов огнеупоров. Главное внимание уделено основным процессам технологии керамики и ее свойствам. Подробно изложены характеристика различных видов сырья, проблемы подготовки керамических масс различного вида и их формование различными методами, особенности механизмов спекания, а также дополнительные виды обработки керамики: металлизация, глазурирование, декорирование, механическая обработка. Детально описаны свойства керамических изделий – механические, деформационные, теплофизические, электрофизические, в том числе при высоких температурах.



Учебное пособие «Практикум по технологии керамики»

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

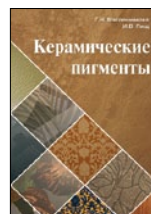
Рассмотрены основные методы отбора проб, испытаний сырьевых материалов, контроля и исследования технологических процессов, а также определения свойств готовой продукции, применяемые в керамической, огнеупорной и смежных отраслях промышленности. Пособие может быть использовано не только как учебное, но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



Книга «Керамические пигменты»

Авторы – Масленникова Г.Н., Пищ И.В.

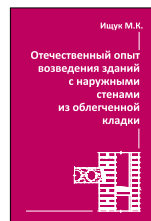
В монографии рассмотрены физико-химические основы синтеза пигментов, в том числе термодинамическое обоснование реакций, теория цветности, современные методы синтеза пигментов и их классификация, методы оценки качества. Приведены сведения по технологии пигментов и красок различных цветов и кристаллических структур. Описаны современные методы декорирования керамическими красками изделий из сортового стекла, фарфора, фаянса и майолики. Книга предназначена для научных сотрудников, студентов, специализирующихся в области технологии керамики и стекла, а также для инженерно-технических работников, занятых в производстве керамических изделий и красок.



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

Автор – Ищук М.К.

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



Книга «Технология производства стеновых цементно-песчаных изделий»

Авторы – Балакшин Ю.З., Терехов В.А.

Описано производство и применение стеновых материалов методом вибропрессования из цементно-песчаных бетонов. Рассмотрена существующая и перспективная номенклатура изделий и их свойства. Даны характеристики сырьевым материалам – песку, щебню, вяжущим и химическим добавкам, и рекомендации по подбору состава бетонной смеси. Подробно представлена технология производства цементно-песчаных вибропрессованных стеновых изделий. Особое внимание уделено технологическому контролю на производстве и техническому контролю и обслуживанию оборудования. Книга предназначена для организации производственно-технического обучения на предприятии, будет полезна инженерно-техническому персоналу и широкому кругу специалистов.



Заказать литературу можно через редакцию, направив заявку произвольной формы по факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36; e-mail: mail@rifsm.ru, или оформить заявку на сайте www.rifsm.ru

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

«Стройприбор» выпустил уникальные приборы

За девять месяцев 2013 г. в Челябинском конструкторском бюро «Стройприбор» было запущено в производство шесть новых приборов. Большая часть из них не имеет аналогов в России и СНГ. Прибор УПГ-МГ4.01/Н Грунт предназначен для определения степени пучинистости грунта в лабораторных условиях по ГОСТ 28622–90. Можно испытывать одновременно шесть образцов грунта, есть USB-интерфейс и энергонезависимая память. Плотномеры ПДУ-МГ4 Удар и ПДУ-МГ4.01 Удар имитируют проезд автомобиля по грунту, на который собираются класть дорожное полотно. Они предназначены для определения динамического модуля упругости грунтов и оснований дорог по методу штампа. Снабжены функцией связи с компьютером с возможностью последующей обработки данных и распечатки протокола испытаний.

Плотномер асфальтобетона ПА-МГ4 предназначен для контроля качества асфальтового дорожного полотна, который проводится в двух диапазонах – на глубину до 25 и 150 мм. В приборе предусмотрена возможность коррекции

результатов измерения в зависимости от температуры и влажности покрытия. Прибор ИТП-МГ4.03/Х(І) Поток предназначен для измерения и регистрации плотности тепловых потоков, проходящих через однослойные и многослойные ограждающие конструкции зданий и сооружений по ГОСТ 25380, через облицовку и теплоизоляцию энергообъектов при экспериментальном исследовании и в условиях эксплуатации.

Для проверки соответствия стройматериалов ГОСТам разработаны прессы ПГМ-МГ4, предназначенные для испытания на сжатие и изгиб образцов строительных материалов при скоростях нагружения, нормируемых соответствующим стандартом.

Испытательная машина РМГ-МГ4 может быть использована для статических испытаний образцов металлов из листового и круглого проката и сварных соединений на растяжение и сжатие, на изгиб, по ГОСТ 1497, ГОСТ 12004, ГОСТ 10922, ГОСТ 6996, ГОСТ 14019 при статических режимах нагружения.

По материалам СКБ «Стройприбор»

«Мечел» завершил строительство цементного завода

Горно-металлургическая компания «Мечел» завершила строительство завода в Челябинской области по производству шлакопортландцемента мощностью 1,6 млн т в год и стоимостью 174,4 млн USD. В настоящее время на площадке комплекса завершены пусконаладочные работы, начаты гарантийные испытания оборудования с использованием отходов доменного производства.

Сырьем для завода, строительство которого началось в декабре 2010 г., станет доменный шлак дочернего предприятия Челябинского металлургического комбината, что позволит сделать его производство безотходным.

Генеральным подрядчиком строительства выступила австрийская компания FMW GmbH, финансирующими банками – австрийский UniCredit Bank Austria AG и германский Commerzbank AG.

Отмечается, что главной технологической особенностью помольно-смесительного комплекса является применение вертикальных валковых мельниц, которые позволяют достичь тонкости помола 4500–6000 по Блейну, что обеспечивает прочность цемента и скорость его твердения. Новый ПСК оборудован современным экологическим оборудованием, обеспечивающим сверхнизкие показатели по выбросу пыли – 30 мг/м³.

По материалам пресс-службы компании «Мечел»

Самара – территория гипса

На Самарском гипсовом комбинате открыт новый завод европлит. Новый завод, строительство которого было начато в 2012 г., оснащен современным немецким оборудованием Grenzbach GmbH. Полная автоматизация уже на первоначальном этапе работы обеспечит высокую производительность – около 415 тыс. м² в год. Применение электронной системы дозирования материалов позволит добиваться соответствия выпускаемой продукции заявленным техническим характеристикам.

Размер пазогребневой европлиты соответствует мировому стандарту 667×500×80 мм, применяется в качестве

штучного материала для возведения внутренних ненесущих перегородок внутри помещения, а также внутренней облицовки наружных стен зданий. Производство европлит торговой марки FORMAN позволит комбинату обеспечить комплексную поставку гипсовых строительных материалов на рынок. В первую очередь продукция рассчитана на строительные компании, бригады Поволжья, далее Центрального и Северо-Западного федеральных округов.

По материалам пресс-службы Самарского гипсового комбината

Компания «Хенкель» запустила новое производство

Компания «Хенкель» открыла завод по производству сухих строительных смесей в Кочубеевском районе Ставропольского края. Новое предприятие, мощность которого составляет 160 тыс. т в год, станет седьмым заводом компании «Хенкель» и четвертым производством «Хенкель Баутехник» на российском рынке. Инвестиции компании составили около 16 млн евро. Предприятие создает более 120 рабочих мест и будет выпускать строительные смеси под брендами CERESIT, THOMSIT и ЭКОН. Продукция завода будет поставляться более 20 региональным дистрибьюторам.

На заводе с пятью производственными линиями используется современное оборудование, позволяющее существенно снизить воздействие на окружающую среду. Для повышения энергоэффективности на предприятии установлено светодиодное освещение, а остекление выполнено из энергосберегающих пакетов.

В 2013 г. материалы для строительства и ремонта, произведенные на заводах «Хенкель Баутехник», использовались на более чем 250 строительных площадках в России.

По материалам пресс-службы ООО «Хенкель Баутехник»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

На заводе «Стройфарфор» внедрили цифровую печать

В рамках инвестиционной программы 2013 г. на заводе «Стройфарфор» (г. Шахты Ростовской области), входящем в холдинг UNITILE, начала работать машина цифровой печати Creadigit производства итальянской компании System. С помощью этого оборудования осуществляется создание новых дизайнов для облицовочной плитки премиального сегмента GraciaCeramica. Машина цифровой печати представляет собой полностью автоматизированный комплекс, предназначенный для декорирования керамической плитки с использованием струйной печати. Ранее, в июне 2013 г. на потоке «Керамогранит» завода была смонтирована новая линия глазурования и декорирования, где была запущена первая и на тот момент единственная в России установка цифровой печати от того же производителя. Таким образом, на заводе «Стройфарфор» завершён монтаж нового оборудования для производства облицовочной плитки и керамогранита. В ближайшее время ожидается установка современной фасовочной машины для производства сухих строительных смесей

Оборудование цифровой печати Creadigit можно сравнить с офисным принтером. Технология печати примерно одинакова. Используется 5–6 основных цветов, из которых можно составить картину любой сложности. Печать почти фотографическая, с очень контрастными оттенками, разрешение 360–400 точек на дюйм. Система управления новым оборудованием полностью компьютеризирована, операторы прошли специальное обучение в Италии и Испании.

До конца 2013 г. на линии облицовочной плитки ожидается производство более двадцати новых коллекций под брендами «Шахтинская плитка» и Gracia Ceramica. Стоимость машины цифровой печати составляет около 25 млн р.

Машина цифровой печати на линии облицовочной плитки есть очередной этап инвестиционной программы UNITILE объемом 300 млн р., реализация которой проходит в 2013 г.

На предприятии используют собственное сырьё Владимирского карьера тугоплавких глин.

По материалам пресс-службы UNITILE

Московская область – лидер по производству керамической плитки

По данным «Анализа рынка керамической плитки в России», наибольший вклад в предложение керамической плитки на российском рынке вносит внутреннее производство. В период 2008–2012 гг. доля производства от объема предложения составляла в среднем 57,8%. Доля импортных поставок продукции также существенна и в исследуемый период была примерно 25,2%.

В 2012 г. в Московской области произведено 35,3 млн м² продукции. Вторым крупнейшим регионом по производству керамической плитки является Орловская область. В 2012 г. объем производства продукции в данном регионе составил 22,2 млн м². Ростовская область является третьим крупнейшим регионом по производству керамической плитки – в 2012 г. было произведено 15,7 млн м².

Таким образом, в Московской области в 2012 г. было сосредоточено 22,5% всего российского производства керамической плитки.

Доля Орловской области в общем объеме производства составила 14,2%. На долю Ростовской области пришлось 10% от всей продукции, произведенной в России. Суммарная доля крупнейших регионов – производителей керамической плитки в 2012 г. составила 46,8%.

По оценкам аналитиков, в 2013–2017 гг. объем выпуска керамической плитки продолжит расти ежегодно в среднем на 6,7% и в 2017 г. составит 216,1 млн м². На увеличение внутреннего производства будет влиять стабильно растущий спрос на продукцию со стороны потребляющих отраслей – строительной и ремонтной.

По материалам «РБК. Исследования рынков»

В 2014–2016 гг. возможно падение спроса на базовые строительные материалы

В последние годы в России было анонсировано несколько крупных проектов, способных стать крупными потребителями нерудных строительных материалов, однако их реализация в рамках пересмотренной структуры бюджета находится под большим вопросом. Так, строительство высокоскоростной магистрали Москва–Казань, которое планируется в рамках подготовки к проведению Чемпионата мира по футболу 2018 г., потребует порядка 133 млн м³ нерудных строительных материалов, а это почти 30% от емкости рынка НСМ России в 2012 г. Проект по реконструкции Байкало–Амурской и Транссибирской магистралей также потенциально стал бы стабильным, крупным и долгосрочным потребителем нерудных строительных материалов. Однако все эти инфраструктурные инвестпроекты скорее всего будут либо отложены на неопределенный срок, либо существенно урезаны как по объемам строительства, так и по объемам финансирования.

Единственным сравнительно крупным реализуемым инвестпроектом в России в настоящее время является строительство объектов Центральной кольцевой автомобильной дороги (ЦКАД). Однако и этот проект также существенно растянут во времени и не сможет компенсиро-

вать сокращение потребления НСМ. В результате усилятся тенденции консолидации в сегменте строительства дорожных и инфраструктурных объектов.

Заморозка тарифов естественных монополий в 2014 г. неминуемо приведет к сокращению их инвестиционных программ и соответственно, потребления строительных материалов. Например, инвестпрограмма ОАО «Российские железные дороги», которое является крупнейшим потребителем нерудных строительных материалов, может сократиться в разы с запланированных 389 млрд р. Инвестпрограмма ОАО «Газпром» сократится на 300 млрд р., ОАО «Россети» – на 200–250 млрд р.

Рецессия в промышленности и экономике России в целом, снижение активности строительного сегмента ввиду снижения государственного финансирования и оттока частного капитала, а также завершение комплексных мегапроектов (Олимпиада-2014 в Сочи, Универсиада-2013 в Казани) приведут к тому, что в 2014–2016 гг. производители базовых строительных материалов столкнутся со снижением спроса до уровня 2010 г. при одновременном усилении конкуренции и ценового давления со стороны украинских поставщиков.

По материалам информационно-аналитического агентства INFOLine

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 3-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Строительные материалы»® для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи.

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНИПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.
2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.
3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.
4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–5 лет в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.
2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние 5 лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

Статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате *.doc или *.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах *.cdr, *.ai, *.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «8 – максимальное») или *.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала www.rifsm.ru/files/aytoru.pdf

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://www.rifsm.ru/page/7>