

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ[®] №5



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

WWW.RIFSM.RU

МАЙ 2013 г. (701)

Мы не останавливаемся на достигнутом!



Maerz Ofenbau AG – A company of ThyssenKrupp



Как признанный и ведущий мировой производитель печей для обжига извести мы могли бы успокоиться и довольствоваться полученным результатом. Но это не для нас! Мы всегда стремимся стать лучше – в интересах наших клиентов, которые являются основным двигателем нашего успеха. Для нас не существует слов «слишком много усилий» или сложная работа. www.maerz.com



ЗАВОД
ТЕХПРИБОР

г. Щекино Тульской обл.
ПРЕДЛАГАЕТ

Автоматизированные мельничные комплексы



«Трибокинетика-6000»

- 2 950 000 р. с НДС
в полной комплектации
- 2 года гарантии
- Низкая себестоимость помола

РАБОТАЮТ ПО ВСЕЙ РОССИИ!



www.tpribor.ru

Завод «Техприбор» РФ, Тульская область, г. Щекино, ул. Пирогова, д. 43
Контактные телефоны: (48751) 4-87-27, 4-08-69, (48751) 4-57-78, 4-76-99

E-mail: manager@tpribor.ru

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**

Материалы для дорожного строительства

К.А. ДЬЯКОВ, Р.М. ЧЕРСКОВ, Е.В. ЗИНЧЕНКО

Дренарующие асфальтобетоны. Опыт и перспективы применения 4

При производстве дренарующих асфальтобетонов применяют модифицирующие добавки, в том числе дробленую резину. Но это усложняет технологию производства асфальтобетона, требует переоснащения асфальтобетонных заводов. Разработаны резиновые дренарующие асфальтобетоны по технологии с подачей дробленой резины и сопутствующих добавок непосредственно в асфальтосмеситель.

А.В. КОРОЧКИН, К.М. ПЕТРОВ

Расчет жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием с применением программных комплексов 8

Приведены предпосылки создания профильного программного комплекса, параметры, характеристика исследуемого объекта, указано основание для проведения расчетов, детально описаны методика и алгоритм проведения вычислений. Выполнено сопоставление результатов с техническими и проектными решениями, предлагаемыми в нормативных документах.

М.А. ЗАВЬЯЛОВ, А.М. ЗАВЬЯЛОВ

Вариации термодинамических потенциалов материала дорожного асфальтобетонного покрытия и обоснование сроков ремонтных работ 11

Установлена связь между величиной вариации энтропии материала дорожного асфальтобетонного покрытия и степенью его старения. Выявлены закономерности изменения величин, характеризующих состояние дорожного асфальтобетонного покрытия, на основе исследования термодинамических функций для обоснованного назначения времени проведения ремонта.

П.Б. РАПОПОРТ, А.В. КОЧЕТКОВ, С.М. ЕВТЕЕВА, В.А. ПОГУЛЯЙКО

Нормирование показателей битума 14

Представлены результаты анализа методов нормирования показателей битумов нефтяных дорожных. Показано, что из-за существенных различий в нормативных документах и методах испытаний сравнивать зарубежные и отечественные битумы не корректно. При испытании битума зарубежными нормами предусмотрено определять коэффициент вариации. Необходимо признать это важнейшим отклонением в системах технического нормирования показателей битума в России и за рубежом.

В.Н. СВЕЖИНСКИЙ

Традиционный семинар «Дорожно-строительные материалы, изделия и конструкции, их роль в обеспечении безопасности дорожного движения» (Информация) 18

Д.Е. БАРАБАШ, Ю.М. БОРИСОВ, А.В. АНИСИМОВ

Неизоцианатные полиуретаны – основа конструкционных композитов 20

Рассмотрены основы синтеза и производства неизоцианатных полиуретанов. Обосновано их использование в качестве экологически безопасных связующих строительных композитов. Представлены результаты экспериментов по установлению конструкционных свойств неизоцианатных полиуретанбетонных. Показаны перспективы использования разработанных составов в элементах зданий и сооружений, эксплуатирующихся в агрессивных средах.

Асфальтобетон высокого качества – гарантия долговечности покрытий автомобильных дорог (Информация) 23

В.В. ЛЫННИК, Ю.Г. БОРИСЕНКО, О.А. БОРИСЕНКО, Е.В. ГОРДИЕНКО

Пути снижения битумоемкости битумоминеральных композиций с наполнителем на основе керамзита 24

На основании проведенных исследований определены направления снижения битумоемкости легких битумоминеральных композиций с наполнителем на основе керамзита за счет модифицирования битумных вяжущих остаточными продуктами нефтепереработки (гудронов) и применения двухстадийной технологии приготовления таких смесей. Установлено оптимальное количество добавки гудрона, позволяющее снизить битумоемкость легких битумоминеральных композиций на 14,3–27,3%.

С.Ю. АНДРОНОВ

Энергосберегающая и экологически безопасная технология холодного композиционного вибролитого регенерированного асфальта 27

Разработана холодная технология производства и применения вибролитого регенерированного асфальта. Проанализированы процессы структурообразования асфальта. Исследованы свойства асфальта и способы их улучшения. Технология холодного композиционного вибролитого регенерированного асфальта является энергосберегающей, ресурсосберегающей и экологически безопасной.

Л.И. ХУДЯКОВА, О.В. ВОЙЛОШНИКОВ, И.Ю. КОТОВА

Минеральный порошок из природного сырья Республики Бурятия 34

Рассмотрена возможность использования троктолитов в качестве минерального порошка при производстве асфальтобетонов. Установлено, что минеральный порошок из троктолитов обладает высокой адсорбционной активностью. Показано, что по физико-химическим характеристикам он соответствует требованиям ГОСТ и может применяться в дорожном строительстве.

Строительные материалы: technology

А.Н. МАМАЕВ, Г.Д. ЛИТВИНОВА, С.А. СКОКОВ

Совершенствование конструкции шахтной газовой печи для обжига известняка фирмы Terruzzi Fercalx SPA 36

Конструкция печи не исключает зависания материала и сводообразования на балочных горелках и очень требовательна к качеству обжигаемого известняка. Указанных недостатков удалось избежать путем сооружения в зоне обжига крестообразного керамического керна. Показаны преимущества установки керна и кратко описывается его конструкция.

AUMUND. Транспортировка и складирование сыпучих грузов (Информация) 38

А.Н. СМИРНОВ

Технология помола LOESCHE 42

Оборудование компании Gebr. Pfeiffer для известковой промышленности (Информация) 44

Конвейерные системы RUD Ketten для транспортировки извести и мела (Информация) 46

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

Мельницы могут работать лучше 49

Проведен анализ работы мелющих агрегатов и воздушных классификаторов. Описан эксперимент по разделению минерального порошка с помощью центробежных классификаторов разных конструкций (воздушно-проходного и воздушно-центробежного). Сделаны выводы об оптимальном использовании различных типов.

А.Б. ЛОСКУТОВ, Я.Я. ГОССЕН, О.Ю. ГОРБАЧЕВА

Совершенствование технологии производства силикатных блоков на ЗАО «Комбинат строительных материалов» ... 52

В технологию производства завода «Поревит» (Тюменской обл.) введены две сортировки для удаления посторонних глинистых и мелких примесей, что позволило увеличить выпуск готовой продукции на 20%. Также решена задача выгрузки мерзлого песка в зимний период или влажного песка в осенне-весенний период с закрытого склада за счет внедрения виброактиватора ВА-1750.

В.Г. КУЗНЕЦОВ, И.П. КУЗНЕЦОВ, А.А. БОРОДИН, Д.И. ИВАННИКОВ, П.В. ЗАОСТРОВСКИЙ, Д.А. АНУФРИЕВ, Н.С. МОКРОУСОВ

Заводской выпуск бункеров, оборудованных эффективным средством борьбы с налипанием материалов – ППФП-Астики 55

Представлен опыт выпуска в сжатые сроки в заводских условиях 20-ти бункеров, оборудованных порядка 18 т ППФП-Астики для строящейся технологической линии обжиговой машины № 3 фабрики окомкования ОАО «Михайловский ГОК», путем кооперации ряда предприятий. Рекомендуется к использованию на аналогичных предприятиях других отраслей горнодобывающей и перерабатывающей промышленности.

Юбилеры отрасли

Р.З. РАХИМОВ, Н.Р. РАХИМОВА

Строительство и минеральные вяжущие прошлого, настоящего, будущего 57

Рассмотрено развитие применения строительных материалов на основе минеральных вяжущих в строительстве с древних времен по настоящее время. Показано, что одним из условий обеспечения «устойчивого развития» строительной индустрии является расширение исследований, разработок, производства и применения малоклинкерных и бесклинкерных гидравлических вяжущих на основе и с добавками техногенного сырья.

М.А. ГОНЧАРОВА, Е.М. ЧЕРНЫШОВ

Формирование систем твердения композитов на основе техногенного сырья 60

Представлены результаты формирования систем твердения на основе тонкодисперсных конвертерных шлаков. Показаны и проанализированы структурные и технологические параметры, влияющие на их качество. Особое внимание уделено разработке оптимальных составов вяжущих композиций на основе таких систем твердения, учитывающих специфику применяемого техногенного сырья.

П.В. БОРКОВ, А.Д. КОРНЕЕВ, Б.А. БОНДАРЬЕВ, М.Ф. МЕЛЕШКИН

Долговечность композиционных материалов на основе фурфуролацетонового мономера 64

Представлены результаты исследования длительной прочности композиционных материалов на основе фурфурол-ацетонового мономера в различные периоды времени. Предложена методика прогнозирования долговечности полимерных композитов на основе термодинамических представлений

А.В. КОМАРИЧЕВ, М.А. ГОНЧАРОВА, В.В. КРОХОТИН

Сухие строительные смеси с использованием отходов металлургического производства. 66

Проведена разработка и оптимизация составов сухих строительных смесей на основе местных материалов и отходов промышленности. Область применения разработанных составов – растворы для наливных полов, а также теплоизоляционные штукатурные смеси.

Сырьевая база отрасли

Р.К. САДЫКОВ, Г.Н. БИРЮЛЕВ, Ф.В. СЕМЕНОВ

Нерешенные вопросы минерально-сырьевого обеспечения песчано-гравийным сырьем строительного комплекса в современной России 68

Рассмотрена ситуация, сложившаяся в Российской Федерации с обеспечением песчаным и песчано-гравийным сырьем, которые являются наиболее объемными по масштабам добычи полезными ископаемыми из всех видов нерудного сырья, от обеспеченности которыми напрямую зависит деятельность предприятий строительной индустрии и развитие дорожно-транспортного строительства. Обозначены проблемы, возникающие при отнесении строительных песков и песчано-гравийных материалов к общераспространенным полезным ископаемым.

Результаты научных исследований

П.Г. ВАСИЛИК, Д.С. ГРЕКОВ, А.Ф. БУРЬЯНОВ, А.П. ПУСТОВГАР, А.А. ГЛУШКОВ, Д.А. ДАВЫДОВ, Д.В. НАЗАРОВ

Современные адгезивы для производства гипсокартонных листов 73

Рассмотрена технология производства гипсокартонных плит, в том числе механизм приклейки картона к сердечнику и факторы, влияющие на этот процесс. Проведен анализ влияния полимерных связующих на адгезию на границе гипс-картон.

В.Б. ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ, Т.Б. НОВИЧЕНКОВА, Ю.Ю. ПОЛЕОНОВА, А.Ф. БУРЬЯНОВ

Модифицированные гипсовые безобжиговые композиты 76

Приведены результаты исследования свойств прессованных гипсовых композитов на основе двуводного гипса. Модифицирование шлакопортландцементом, поликарбоксилатом и микрокальцитом позволяет повысить эксплуатационные и технологические свойства получаемых композитов.

А.С. БАГДАСАРОВ, Д.А. УРУСОВ

Технологическая линия полусухого прессования производства фосфогипсовых стеновых изделий. 80

Описана технологическая линия полусухого прессования сырьевых смесей на основе фосфогипса отвалов ОАО «Невинномысский Азот», содержащих большое количество воды, а также примеси фосфора и фтора. Технология позволяет получить стеновые изделия из фосфогипса прочностью 10–12 МПа, которые можно применять для строительства жилых зданий коттеджного типа. Технология апробирована в цехе по производству облицовочного силикатного кирпича, где получена опытная партия прессованного кирпича.

В.Г. ХОЗИН, О.В. ХОХРЯКОВ, Б.К. САРСЕНБАЕВ, Н.Б. САРСЕНБАЕВ, С.Д. КАРЫМСАХОВ

Об эффективности применения промысленных отходов Республики Казахстан для производства цемента низкой водопотребности 82

Приведен опыт изготовления и оценка свойств цементов низкой водопотребности (ЦНВ) с использованием доменного и электротермофосфорного шлаков (Республика Казахстан). Полученные высокие физико-механические характеристики ЦНВ обосновывают технико-экономическую эффективность использования шлаков в качестве сырьевого компонента ЦНВ.

Л.К. КАЗАНЦЕВА, Г.И. СТОРОЖЕНКО, А.И. НИКИТИН, Г.А. КИСЕЛЕВ

L.K. KAZANTSEVA, G.I. STOROZHENKO, A.I. NIKITIN, G.A. KISELEV

Теплоизоляционный материал на основе опокового сырья

Heat insulators based on silica clay raw materials 85

Представлены результаты лабораторных исследований и полупромышленных испытаний по получению пеностекла на основе опоки Шиповского месторождения (Республика Казахстан). Показано, что гранулированное пеностекло из широко распространенного кремнеземистого сырья можно получать в промышленном масштабе с использованием отечественного оборудования.

The paper presents the results of laboratory studies and pilot tests of the production of foamed glass based on the silica clay from Shipovo field (Republic of Kazakhstan). It is shown that the granulated foamed glass can be commercially produced from widespread siliceous raw material, using home equipment.

Techtextil Russia Symposium 2013 (Информация) 89

А.Г. ПЕРЕХОЖЕНЦЕВ

Моделирование температурно-влажностных процессов в пористых строительных материалах. Часть 6

Энергетический потенциал влажности капиллярно-пористых материалов. 90

Рассматривается развитие теории и практики применения потенциала влажности капиллярно-пористых материалов.

MosBuild-2013 (Информация) 92

С.Н. ЛЕОНОВИЧ, А.В. ПРАСОЛ

Железобетон в условиях хлоридной коррозии: деформирование и разрушение 94

Рассмотрено несколько механизмов снижения эксплуатационной надежности и безопасности железобетонной конструкции вследствие коррозии. Показано, что на несущую способность этих конструкций влияет уменьшение сечения бетона (вследствие образования трещин и отслаивания), уменьшение площади арматуры, потеря сцепления между арматурой и бетоном.

Проблемы проектирования и реализации городов обсудило Общее собрание РААСН (Информация) 96

Новости 98

К.А. ДЬЯКОВ, канд. техн. наук, начальник испытательной лаборатории,
Р.М. ЧЕРСКОВ, канд. техн. наук, заместитель начальника испытательной лаборатории,
ОАО «Тоннельный отряд № 44»; Е.В. ЗИНЧЕНКО, заместитель начальника отдела ОЛКиСС,
ФКУ ДСД «Черноморье» (г. Сочи, Краснодарский край)

Дренирующие асфальтобетоны. Опыт и перспективы применения

Дренирующий асфальтобетон – это пористый материал, применяемый в качестве покрытия автомобильных дорог поверх плотного асфальтобетона и обеспечивающий быстрый отвод воды с поверхности дороги. В США этот материал получил название Open Graded Friction Course (OGFC) и применяется уже более 60 лет. Эти смеси были разработаны в 1940-х гг. для повышения уровня безопасности на дорогах. Подбор смеси производился таким образом, чтобы в уплотненном материале имелась система сообщающихся пор, по которым вода с поверхности дороги удаляется намного быстрее, чем при покрытии из плотных смесей. Это достигается за счет особенности гранулометрического состава смеси, основную долю которого составляет одномерный щебень. Калифорния была первым штатом США, который в 1944 г. начал использование дренирующего асфальтобетона. Особую популярность в США эти смеси приобрели в 1970-х, когда начала действовать программа Федерального дорожного агентства (FHWA) по борьбе с заносами на дорогах.

Методика проектирования дренирующих асфальтобетонных смесей, первые принципы которой были разработаны FHWA в 1974 г., отличалась от методики подбора для обычных смесей, что связано с особенностью структуры этого материала. Независимо от применяемого метода подбора состава высокая пористость приводит к пониженному количеству межзерновых контактов и, как следствие, к пониженной долговечности дренирующего асфальтобетона. Большинство методик проектирования состава для улучшения эксплуатационных характеристик рекомендует повысить содержание вяжущего, использовать более вязкое вяжущее и/или ввести соответствующие добавки.

Производство и укладка дренирующих асфальтобетонных смесей мало чем отличаются от производства и укладки обычных смесей. Возможно увеличение времени перемешивания компонентов смеси из-за использования добавок и повышения температуры смеси, что связано с использованием более вязких сортов вяжущего. Для укладки используется обычный асфальтоукладчик. Уплотнение производится только с использованием статических гладковальцевых катков, поскольку пневмошины могут вырывать смесь, а виброкатки – уплотнить смесь, что вызовет снижение пористости.

Покрывания из дренирующего асфальтобетона были созданы для увеличения безопасности на дорогах, но помимо высоких сцепных характеристик они обладают и рядом других преимуществ. Высокая пористость обеспечивает водопроницаемость, что уменьшает количество поверхностной воды и таким образом уменьшает образование брызг при дождливой погоде. Это ведет к снижению риска аквапланирования и увеличению видимости на дорогах, а в конечном итоге к повышению уровня безопасности дорог. Особая текстура поверхности дренирующего асфальтобетона способствует сокра-

щению шума, возникающего при взаимодействии шины с покрытием.

К сожалению, покрытия из дренирующего асфальтобетона имеют и ряд недостатков. Высокая пористость служит причиной низкой прочности; ускоренного старения битумного вяжущего в асфальтобетоне, поскольку кислород имеет доступ к большей площади поверхности смеси; более быстрого замораживания нижележащих слоев, поскольку дренирующий слой не обладает теми теплоизоляционными свойствами, какие имеет покрытие из плотных смесей. Существенным недостатком таких покрытий является необходимость специального зимнего содержания и мероприятий по очистке пор, которые могут засориться.

Из-за проблем с долговечностью, в основном связанных с несовершенством состава, в 1980-х гг. в США многие штаты прекратили использование дренирующих асфальтобетонов. Однако некоторые штаты, включая Джорджию, Техас и Орегон, попытались усовершенствовать состав и продолжали использовать этот материал. Изменения включали применение полимерно-битумного вяжущего, введение волокнистых добавок в целях стабилизировать смесь и уменьшить стекание вяжущего, увеличение содержания вяжущего и повышение пористости, а также использование более прочных минеральных заполнителей. Полимерно-битумное вяжущее способствовало образованию более толстых пленок вяжущего на зернах минерального материала, что снижало его старение за счет окисления и препятствовало разрушению покрытия.

Помимо США активное применение дренирующего асфальтобетона велось и в других странах, среди которых можно отметить Японию, Великобританию, Францию, Нидерланды, Германию. В отличие от дренирующих асфальтобетонов, используемых в США (OGFC), применяемые в Европе дренирующие асфальтобетоны имеют несколько большую пористость – 18–22%, требуют обязательного применения полимерно-битумного вяжущего и предъявляют более высокие требования к минеральным материалам.

Проектирование состава дренирующих асфальтобетонных смесей начнем с рассмотрения методик подбора

Таблица 1

Размер сит	Грансостав FHWA (проход, %)	Грансостав NCAT (проход, %)
3/4 дюйма (19 мм)	–	100
1/ дюйма (12,5 мм)	100	85–100
3/8 дюйма (9,5 мм)	95–100	55–75
#4 (4,75 мм)	30–50	10–25
#8 (2,36 мм)	5–15	5–10
#200 (0,075 мм)	2–5	2–4

Таблица 2

Размер сит	Аризона (немодифицированный битум)		Аризона (резино-битумное вяжущее)		Калифорния		Флорида		Невада		Вайоминг		Джорджия	
	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.
12,5 мм (1/2 дюйма)	100		100		100		100		100		100		100	
9,5 мм (3/8 дюйма)	100		100		90	100	85	100	95	100	97	100	85	100
4,75 мм (№ 4)	35	55	30	45	29	36	10	40	40	65	25	45	20	40
2,36 мм (№ 8)	9	14	4	8	7	18	–	–	–	–	10	25	5	10
2 мм (№ 10)	–	–	–	–	–	–	4	12	–	–	–	–	–	–
1,18 мм (№ 16)	–	–	–	–	–	–	–	–	12	22	–	–	–	–
0,075 мм (№ 200)	0	2,5	0	2,5	0	0	2	5	0	4	2	7	2	4
Тип битумного вяжущего	PG 64–16		PG 64–16 + 20% дробленой резины		AR 4000 AR 8000 или PBA-6		AC 30 + 12% дробленой резины		AC 20P или AC 30		PG 64–22 или PG 70-28		PG 67–22	
Содержание битумного вяжущего	6%		8,5–10%		6,5–8%		5,5–7%		Обычно 6,5%		6,3–6,8%		6–7,3%	

состава дренажных асфальтобетонов в США, где они используются более 60 лет. Первая широко используемая методика проектирования дренажных асфальтобетонных смесей была разработана Федеральным дорожным агентством (FHWA) США и издана в 1974 г. Она была изменена дважды (в 1980 и в 1990 гг.), пока в результате разработок Национального центра исследований асфальта (NCAT) не была создана методика проектирования состава дренажных асфальтобетонных смесей нового поколения. В этом нормативе даны рекомендации касательно выбора материалов, грансоставов, оптимального содержания вяжущего, водостойкости и температуры смеси. Рекомендуется использовать высококачественные минеральные материалы, в то время как выбор битумного вяжущего и добавок зависит от местных условий. Рекомендуемые FHWA и NCAT грансоставы дренажных асфальтобетонных смесей (Kandhal, P. (2002). Design, Construction and Maintenance of Open-Graded Asphalt Friction Courses. Information Series 115. National Asphalt Pavement Association.) представлены в табл. 1.

Подбор состава смеси согласно методике NCAT разбит на три этапа.

Первый этап – выбор материалов. К минеральному заполнителю предъявляются жесткие требования по истираемости, содержанию дробленых зерен, содержанию зерен лещадной и игловатой форм, а также по абсорбционной способности (задается верхний предел). Рекомендуется использовать полимерно-модифицированное вяжущее пониженной концентрации марки выше, чем обычно используется в данном регионе. Для повышения прочности и долговечности рекомендуется также использование волокнистых добавок.

Второй этап – подбор грансостава, который должен соответствовать пределам, рекомендуемым в табл. 1.

Третий этап – выбор оптимального содержания битумного вяжущего. Оптимальное содержание вяжущего определяется с помощью проведения ряда испытаний смеси и образцов, уплотненных в гидраторном прессе. К этим испытаниям относятся: определение стекания вяжущего (не более 0,3%), пористости (не менее 18%), износостойкости образцов до и после старения (потери не более 20 и 30 мас. % соответственно), а также водостойкости (остаточная прочность не менее 80%).

Одновременно департаменты дорог отдельных штатов совершенствовали свои собственные методики под-

бора состава смесей, поскольку столкнулись с возникшими на их покрытиях проблемами. В результате накопленного опыта был разработан нормативный документ ASTM D 6932/D 6932M. Этот норматив регламентирует устройство слоев износа из дренажных асфальтобетонных смесей. Здесь представлены требования к минеральным заполнителям и битумным вяжущим, а также требования к грансоставу, типу битумного вяжущего и его содержанию в различных штатах. Особое внимание уделено форме зерен, которая должна максимально приближаться к кубовидной, и чистоте минеральных заполнителей, которые должны быть тщательно очищены от любого налета на поверхности каменного материала. Требования различных штатов к составу дренажных асфальтобетонов представлены в табл. 2. Рекомендации различных штатов в США к подбору состава дренажных асфальтобетонов с максимальным размером зерен 9,5 мм (3/8 дюйма) (ASTM D 6932/6932M) представлены в табл. 2.

Выбор оптимального содержания битумного вяжущего производится исходя из экономических соображений и накопленного опыта согласно ASTM D 7064. Для обычных дренажных асфальтобетонных смесей содержание битумного вяжущего должно составлять 5–7% от общей массы смеси, для дренажных асфальтобетонных смесей на полимерно-битумном вяжущем – 6–8%, а для резинированных дренажных асфальтобетонных смесей – 8,5–10%.

Таблица 3

Размеры сит, мм	Проходы, %, в зависимости от типа дренажного асфальтобетона		
	PA16	PA11	PA8
22,4	100		
16	90–100	100	
11,2	5–15	90–100	100
8		5–15	90–100
5,6			5–15
2	5–10	5–10	5–10
0,063	3–5	3–5	3–5

Таблица 4

В общем, в США можно выделить три подхода к выбору оптимального содержания битумного вяжущего: первый – по качественным показателям сформованных образцов, второй – по показателям масляной абсорбции, третий – визуальное определение оптимального содержания вяжущего.

Чтобы предотвратить коррозию, что очень важно для этого вида асфальтобетона, рекомендуется введение адгезионной добавки: или 1% цемента, или гидратированной извести.

Выборанное содержание битумного вяжущего должно быть проверено на соответствие требованиям к стеканию, которое может быть снижено путем введения целлюлозных или минеральных волокон, их дозирование, как правило, находится в диапазоне 0,2–0,5% от массы смеси. Смеси на основе полимерно-битумного вяжущего или резинобитумного вяжущего могут не требовать добавления волокна для обеспечения хороших эксплуатационных свойств или регулирования стекания.

Дренажный асфальтобетон также находит широкое применение в странах Европы, где безопасность движения транспорта – одна из приоритетных задач. В результате накопленного опыта здесь издан нормативный документ EN 13108-7 *Offenporiger Asphalt für Straßen und Verkehrsflächen*, в котором представлены общеевропейские требования к составу и свойствам дренажного асфальтобетона. В нем представлены рекомендуемые температуры и даны категории материала по таким показателям, как минимальная и максимальная пористость, минимальное содержание вяжущего, водопроницаемость как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, устойчивость к антигололедным реагентам и т. д.

В каждой конкретной европейской стране эти нормы привязаны к имеющимся условиям и накопленному опыту, и на основании их изданы собственные нормативные документы. Так, в Германии таким документом является *TL Asphalt-StB 07 Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen*. Согласно этому документу температура дренажной асфальтобетонной смеси должна быть в пределах 140–170°C. Применение фрезерованного асфальтобетона не допускается. Гранулометрические составы дренажных асфальтобетонных смесей в Германии в зависимости от максимального размера зерен щебня (*TL Asphalt-StB07*) представлены в табл. 3. При этом регламентируются: пористость – в пределах 24–28%; минимальное содержание вяжущего – 5,5–6,5% в зависимости от максимального размера щебня; сорт вяжущего – 40/100–65. Применение стабилизирующих добавок обязательно. Очень жесткие требования предъявляются к минеральным заполнителям по износостойкости и содержанию дробленых зерен (100%).

Если принимать во внимание климатические условия стран, то для России очень важен опыт применения дренажных асфальтобетонов в странах Северной Европы. Одной из таких стран является Финляндия, где также разработаны собственные нормы на асфальтобетон *PANK.gu*, в которых представлены требования и к дренажным асфальтобетонам. Согласно этому документу для приготовления дренажных асфальтобетонных смесей используется дорожный битум 35/50–70/100 или битум, модифицированный каучуком KB65 и KB75. Рекомендуется применение целлюлозного волокна или природного асфальта. Требования к гранулометрическому составу и содержанию битумного вяжущего для различных типов дренажного асфальтобетона в Финляндии (*PANK.gu*) представлены в табл. 4.

Разработанный дренажный асфальтобетон подвергается испытаниям на износостойкость к воздей-

Размеры сит, мм	Проходы, %, в зависимости от типа дренажного асфальтобетона			
	AA16	AA11	AA8	AA5
22,4	100			
16	90–100	100		
11,2	40–62	90–100	100	
8	27–43	33–53	90–100	100
5,6	18–34	19–33	47–67	90–100
4	14–28	15–28	18–34	50–70
2	9–19	10–19	12–23	18–30
0,5	4–10	5–9	5–10	4–10
0,063	2–4	2–4	2–4	2–4
Содержание вяжущего, мас. %	4,7–5,3	5–5,5	5–5,8	5–6

ствию шипованной резиной (согласно SFS-EN 12697-16), водостойкость (согласно SFS-EN 12697-12) и сдвигоустойчивость (согласно SFS-EN 12697-22 или 12697-25 метод А). Рекомендуемые значения волюметрических параметров при проектировании составляют: объем пор, заполненных вяжущим, – 25–45 об. %; остаточная пористость – 14–26 об. %; пористость минерального остова – 25–35 об. %.

Как уже было отмечено, производство, транспортировка, укладка и уплотнение дренажных асфальтобетонных смесей практически не отличаются от таковых для обычных смесей, за исключением нескольких основных моментов. Согласно ASTM D 6932/D 6932M перед началом операций по укладке существующая поверхность должна быть отремонтирована (заделаны выбоины, заполнены трещины и т. д.), очищена механическими щетками или иными подобными средствами и на нее нанесена подгрунтовка. Температура воздуха в тени должна быть не менее 16°C и повышаться, а минимальная температура существующей поверхности должна быть не менее 21°C и повышаться. Укладку запрещено производить в дождь или при его угрозе. Температура дренажных асфальтобетонных смесей в начале уплотнения должна быть: при использовании обычного битума – не менее 93°C; при использовании полимерномодифицированного битума – 93–135°C; при использовании резинобитумного вяжущего – не менее 135°C.

Уплотнение смесей производится без вибрации, при этом катки должны следовать непосредственно за укладчиком. Оптимальный режим уплотнения выбирается на основании результатов пробного уплотнения.

Дренажные асфальтобетонные смеси должны укладываться в качестве верхнего слоя покрытия с обеспечением свободного стока воды из слоя на обочины, т. е. слой не должен быть взят в «обойму». Смесь укладывается поверх слоя из плотной смеси, верх которого должен быть вровень с верхом дренажных систем. Слой из дренажной асфальтобетонной смеси не является конструктивным.

В США проблемы с долговечностью дренажных асфальтобетонов уже на протяжении многих лет успешно решаются за счет применения резинобитумных вяжущих. Дренажные асфальтобетонные смеси, приготовленные с использованием резинобитумного вяжущего, в зависимости от его содержания могут быть разделены на три основных типа.

1. Свободно дренажный асфальтобетон обеспечивает такие же характеристики сцепления колеса

Таблица 5

Размер сит	Максимальный размер зерен щебня в смеси	
	3/8 дюйма (9,525 мм)	1/2 дюйма (12,7 мм)
1/2 дюйма (12,7 мм)	100	95–100
3/8 дюйма (9,525 мм)	85–100	75–95
№ 4 (6,35 мм)	22–55	20–45
№ 8 (2,36 мм)	5–15	5–15
№ 30 (600 мкм)	0–10	0–10
№ 50 (300 мкм)	–	–
№ 200 (75 мкм)	0–5	0–5

с покрытием и дренирующую способность, как и обычные дренирующие асфальтобетоны, но отличается повышенной устойчивостью к транспортным и климатическим воздействиям. Обычное содержание резинобитумного вяжущего в таком асфальтобетоне составляет 7–8,5% от массы минерального материала, при этом обеспечивается остаточная пористость 16–19% при уплотнении по методу Маршалла за 50 ударов при 135°С.

- Дренирующий асфальтобетон повышенной долговечности содержит 8,5–10% резинобитумного вяжущего и имеет остаточную пористость 11–15%. Хотя этот материал обладает меньшей дренирующей способностью, однако за счет большей толщины пленок вяжущего на зернах минерального материала обеспечивается повышенная устойчивость к окислительному старению и воздействию влаги.
- Дренирующий асфальтобетон для ремонта содержит 9–11% резинобитумного вяжущего и имеет остаточную пористость 8–12%. Обладая низкой дренирующей способностью, этот материал помимо обеспечения высокой устойчивости к погодным-климатическим воздействиям имеет повышенное сопротивление отраженному трещинообразованию.

Помимо значительного увеличения долговечности и прочностных характеристик использование резинобитумного вяжущего за счет высокой вязкости при повышенных значениях температуры позволяет отказаться от стабилизирующих добавок для обеспечения требуемого показателя стекания. Возможность введения повышенного содержания резинобитумного вяжущего позволяет выполнять устройство слоев с повышенной устойчивостью к образованию отраженных трещин. Требования к гранулометрическому составу резиновых дренирующих асфальтобетонных смесей представлены в табл. 5.

Как и обычные дренирующие асфальтобетонные смеси, резиновые требуют использования прочного износостойкого щебня с повышенной долей дробленых зерен и низким водопоглощением.

Производство, транспортировка, укладка и уплотнение резиновых дренирующих асфальтобетонных смесей мало отличаются от таковых для обычных дренирующих смесей, однако имеются и свои нюансы: асфальтобетонные заводы должны быть оборудованы мощными насосами для перекачки резинобитумного вяжущего; кузова грузовиков перед погрузкой смеси необходимо обрабатывать мыльным раствором или силиконовой эмульсией, но ни в коем случае не дизельным топливом или керосином; уплотнение должно быть закончено до момента, когда температура смеси упадет

ниже 104°С; необходима четкая координация между различными звеньями процесса строительства, поскольку из-за высокой вязкости резинобитумного вяжущего и малой толщины слоя любые простои могут сказаться на качестве покрытия.

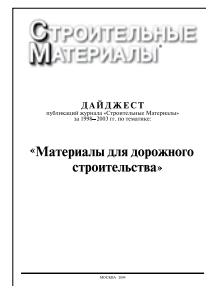
При оценке преимуществ и недостатков зарубежного опыта устройства слоев из резиновых дренирующих асфальтобетонных смесей, авторами статьи была разработана отечественная технология получения дренирующих асфальтобетонных смесей, в которой взамен готовых резинобитумных вяжущих используются обычный битум, дробленая резина и полимерная составляющая, подаваемые отдельно непосредственно в асфальтосмеситель. По данным лабораторных исследований, резиновый дренирующий асфальтобетон, полученный по разработанной технологии, обладает рядом преимуществ: пониженной стоимостью, связанной с исключением дорогостоящих и сложных в приготовлении резинобитумных вяжущих (или в случае обычных дренирующих асфальтобетонов – стабилизирующих добавок и полимерно-битумных вяжущих); высокой долговечностью, которая обеспечивается за счет скрепления минеральных зерен не обычным асфальтовым вяжущим, а резинополимерно-битумным, придающим асфальтобетону повышенные трещиностойкость, сдвигоустойчивость и коррозионную стойкость. Найденные решения позволяют использовать обычно имеющиеся у дорожников оборудование и технику, но самое главное, они открывают путь дренирующим асфальтобетонам для применения в нашей стране.

Ключевые слова: дренирующий асфальтобетон, методика проектирования, оптимальный состав смеси, резиновый дренирующий асфальтобетон, долговечность, безопасность движения.

**В издательстве «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»
вышел дайджест
«Материалы для дорожного
строительства»**

В дайджест вошли статьи, опубликованные в журнале «Строительные материалы»® – всего более 100 статей по тематическим разделам:

- нормативная и методическая база отрасли;
- материалы для дорожного строительства;
- ремонт дорог.



Для приобретения дайджеста следует направить заявку произвольной формы в издательство по факсу или электронной почте. **Не забудьте указать наименование организации, почтовый адрес доставки, ФИО получателя.**

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

E-mail: mail@rifsm.ru. rifsm@mail.ru

А.В. КОРОЧКИН, канд. техн. наук, главный инженер департамента проектирования автомобильных дорог ООО «ТрансПроект»; К.М. ПЕТРОВ, начальник управления планирования и анализа ЗАО «Инжиниринговая корпорация «Трансстрой» (Москва)

Расчет жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием с применением программных комплексов

Дорожная одежда является одним из важнейших составных элементов автомобильной дороги. Затраты на ее устройство в ряде случаев достигают 60–70% от общей стоимости строительства, а состояние дорожной одежды в значительной степени влияет на скорость и безопасность движения.

Проектирование и строительство жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием – сложная комплексная задача, учитывающая большое количество различных компонентов конструкции в напряженно-деформированном состоянии. При расчете основания и покрытия данных дорожных одежд необходимо учесть все факторы, оказывающие разрушающее и изнашивающее действие на конструкцию [1].

Расчет конструкций дорожных одежд с использованием ручных методов остается в прошлом. Им на смену приходят автоматизированные программные комплексы, без которых в настоящее время трудно представить проектирование дорожных конструкций. Статья посвящена вопросам разработки одного из программных комплексов, значительно упрощающих процесс конструирования и расчета дорожной одежды.

Разработке программного комплекса предшествовало изучение теоретических основ математического моделирования напряженно-деформированного состояния конструкции комбинированной дорожной одежды. Была выполнена постановка проблемы моделирования нагруженного состояния дорожной конструкции. Разработана модель транспортного средства как основного источника силового воздействия на дорожную одежду. С помощью метода конечных элементов (МКЭ) проведено математическое моделирование напряженно-деформированного состояния конструкции жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием. Предложена динамическая математическая модель нагруженного состояния дорожной конструкции при воздействии движущегося транспортного средства. Получена качественная картина напряженно-деформированного состояния.

В процессе работы над программным комплексом были решены следующие задачи:

- оценка состояния вопроса, анализ и систематизация нормативной документации, изучение теоретических моделей и практического опыта устройства рассматриваемой конструкции;
- определение фактической и перспективной расчетных нагрузок на конструкцию;
- выявление закономерностей воздействия расчетной нагрузки на дорожную одежду;
- постановка проблемы напряженно-деформированного состояния жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием;
- использование метода конечных элементов для моделирования нагруженного состояния дорожной конструкции;
- разработка математической модели транспортного средства как основного источника силового воздействия на дорожную одежду;
- построение пространственной динамической модели напряженно-деформированного состояния дорожной конструкции при воздействии движущегося транспортного средства;
- разработка методов расчета жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием с применением математической модели нагруженного состояния конструкции;
- проведение всесторонних экспериментальных исследований с целью определения параметров, свойств и характеристик комбинированной дорожной одежды и оптимизации математической модели напряженно-деформированного состояния конструкции;
- разработка программного комплекса для моделирования нагруженного состояния дорожной конструкции.

В статье представлен созданный специально в рамках научной работы программный комплекс и вспомогательные модули для математического моделирования нагруженного состояния дорожной конструкции. Напряженное состояние формируется граничными условиями на дорожной поверхности при движении транспортного средства. Это явление теоретически объяснено и экспериментально подтверждено. Граничные условия на поверхности определяются формой «бегу-

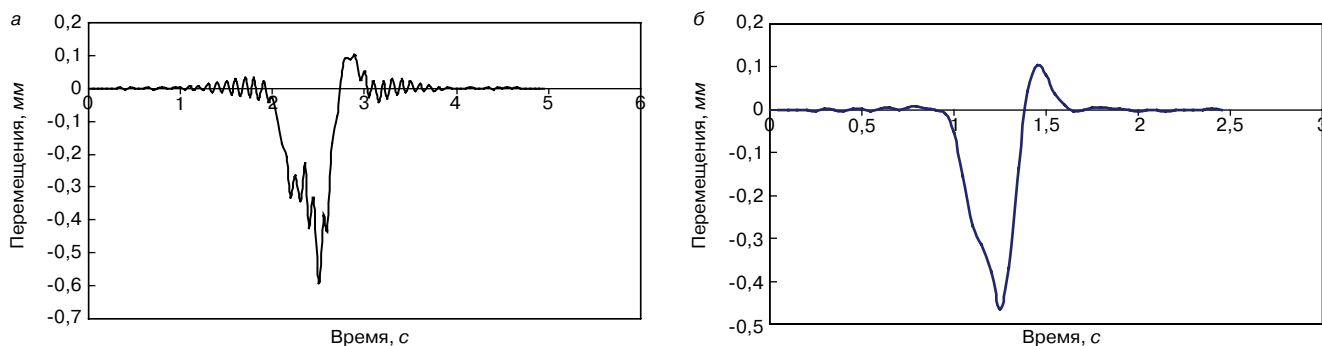


Рис. 1. Форма «бегущей волны» на поверхности рабочего тела дорожной конструкции: а – скорость 10 м/с; б – скорость 20 м/с

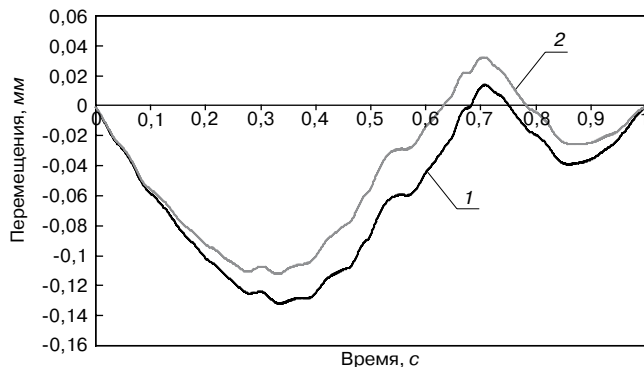


Рис. 2. Экспериментальные графики упругих деформаций дорожной конструкции при воздействии движущегося транспортного средства: 1 – прогиб 1; 2 – прогиб 2

шей волны». На выходе этой модели дорожной конструкции также рассчитывается поле напряжений во всех точках рабочего тела. Даны рекомендации по проведению аналитических расчетов напряженно-деформированного состояния дорожной одежды с целью оптимизации ее свойств и параметров.

На рис. 1 приведены примеры расчетов по разработанной методике. Рассматривали движение двухосного автомобиля. Параметры автомобиля соответствовали экспериментальному. Это дало возможность сравнивать полученные расчетные и экспериментальные показатели.

Из приведенных результатов можно сделать следующий предварительный вывод: зона деформации дорожной конструкции при воздействии движущегося транспортного средства занимает большое по протяженности пространство дорожной конструкции и значительно

превосходит размеры чаши прогиба одиночного точечного воздействия непосредственно вблизи контакта шины с дорогой [2].

Полученные качественные закономерности взаимодействия транспортного средства с дорожной конструкцией подтверждены также экспериментально (рис. 2).

В соответствии с постановкой проблемы рассмотрены два основных положения: анализ прочности дорожной конструкции и анализ долговечности дорожной конструкции.

Для решения этих задач предложены модели объектов с учетом реальных физико-механических свойств материалов [3, 4]. Так как имеются различные возможности реализации этих моделей, в данном разделе обобщены варианты построения вычислительных алгоритмов. Поскольку принципиальные подходы к формированию структуры вычислительных алгоритмов для двух обозначенных задач во многом совпадают, остановимся подробнее на анализе долговечности дорожной конструкции.

Обоснование предлагаемой методики оценки усталостной долговечности дорожной конструкции можно пояснить следующими выкладками.

В линейной механике разрушения скорость разрушения при действии циклической нагрузки v выражается соотношением:

$$v = C \cdot (\Delta K)^n, \quad (1)$$

где ΔK – изменение коэффициента интенсивности напряжений; C – константа материала.

Изменение коэффициента интенсивности напряжений выражается соотношением:

$$\Delta K = \Delta\sigma \sqrt{M \cdot l}, \quad (2)$$

где $\Delta\sigma$ – изменение напряжения в заданной точке рабочего тела дорожной конструкции; M, l – константы, характеризующие зону разрушения.

Имеем:

$$v = C \cdot (\Delta\sigma \sqrt{M \cdot l})^n. \quad (3)$$

Преобразуем это соотношение:

$$\frac{v}{C \cdot \sqrt{M \cdot l}} = \Delta\sigma^n. \quad (4)$$

То есть разделили характеристики напряженного состояния и скорость разрушения дорожной конструкции. Если ограничиться только относительной оценкой скорости разрушения, то ее можно получить на основе расчета поля напряжений в рабочем теле и отвлечься от констант, характеризующих материал и зону разрушения [5].

Введенную здесь количественную меру для оценки долговечности дорожной конструкции назовем **индекс усталостного напряжения (ИУН)**. Если решается ограниченная задача оптимизации геометрических параметров дорожной конструкции при использовании уже выбранных материалов, то можно ограничиться расчетом ИУН.

Различные варианты вычислительного алгоритма для анализа долговечности дорожной конструкции показаны на рис. 3.

В 1-м варианте используются окончательные расчетные формулы для критических напряжений. В данном исследовании в качестве критических напряжений приняты максимальные изгибные напряжения в бетонном слое.

Во 2-м варианте точечное воздействие, или воздействие, распределенное по площади контакта шины с дорожной поверхностью, включается как заданное в конечно-элементной модели дорожной конструкции.



Рис. 3. Рабочая схема связи элементов вычислительного алгоритма для анализа долговечности дорожной конструкции

На выходе этой модели дорожной конструкции рассчитывается поле напряжений во всех точках рабочего тела.

В 3-м варианте показано формирование граничных условиями напряженного состояния.

Так как основным источником внешних силовых воздействий на дорожную конструкцию является микропрофиль дорожной поверхности с движущимся транспортным средством, который рассматривается как стохастический процесс, во всех вариантах характеристики напряжений рассматриваются также как случайные величины. Оценкой этих величин являются среднеквадратические значения.

В 1-м и 2-м вариантах входной величиной является среднеквадратическое значение силового воздействия во всем диапазоне частот.

В 3-м варианте входной величиной является среднеквадратическое значение силового воздействия в низкочастотном диапазоне. Это объясняется тем, что явление «бегущей волны» возможно только для процессов, идущих со сравнительно небольшими скоростями. Из анализа спектральной плотности силового воздействия можно отметить, что низкочастотная область силового воздействия лежит в очень узкой полосе. Это учитывается при расчете формы «бегущей волны».

По разработанным алгоритмам и программам проводили серию расчетов, варьировали толщину асфальтобетонного слоя. Рассматривали движение «бегущей волны», которая передвигалась со скоростью транспортного средства.

Характерной особенностью работы дорожной конструкции в условиях проведенных численных экспериментов является сложный и неоднозначный характер зависимости выходных параметров от варьируемого параметра — толщины слоя асфальтобетона. Можно предположить, что наиболее опасным для работоспособно-

сти дорожной конструкции является рост напряжений в асфальтобетонном слое и касательных напряжений на границе асфальтобетон—цементобетон в широком диапазоне изменения варьируемого параметра. Почти во всем диапазоне происходит рост индекса усталостного нагружения слоя асфальтобетона, что является причиной снижения долговечности дорожной конструкции. Однако концепция жесткой дорожной одежды состоит в максимальном использовании цементобетонного основания как несущего элемента конструкции. Цементобетон относительно успешно справляется с транспортными нагрузками даже без устройства асфальтобетонных слоев. В связи с этим устройство асфальтобетонного слоя толщиной 10–12 см создаст оптимальные условия работы жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием и повысит транспортно-эксплуатационные качества автомобильной дороги.

Ключевые слова: цементобетон, асфальтобетон, прочность, расчет.

Список литературы

1. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. М., Информавтодор, 2004.
2. Корочкин А.В. Расчет толщины асфальтобетонных слоев жесткой дорожной одежды // Строительные материалы. 2009. № 11. С. 62–64.
3. ГОСТ 26633–91. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. М., 1992.
4. ГОСТ 9128–2009. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. М., 2010.
5. Динамика системы: Дорога—Шина—Автомобиль—Водитель / Под ред. А.А. Хачатурова. М.: Машиностроение, 1976. 535 с.



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

Реклама

ОБОРУДОВАНИЕ «ИНТА-СТРОЙ» ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

СУШИЛЬНЫЙ БАРАБАН ШЛ 512



Основные характеристики:

- производительность, т/ч — 6;
- установленная мощность, кВт — 11;
- габариты (дл., шир., выс.), мм — 13200, 1900, 3100;
- масса, кг — 14000.

Назначение:

- Сушка и предварительное измельчение сыпучих материалов в технологии полусухого прессования кирпича и других отраслях промышленности.

Преимущества:

- снижение затрат на сушку;
- противоточное движение газов и сырья, с использованием рециркулята;
- герметичность торцевых уплотнений;
- теплоизоляционный материал, уложенный между продольными стрингерами жесткости;
- автоматизация и датчики контроля;
- обрешеченные приводные катки (снижают шум и вибрацию);
- высокая степень заводской готовности.

МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ

УДК 625.73

М.А. ЗАВЬЯЛОВ, А.М. ЗАВЬЯЛОВ, доктора техн. наук,
Омский государственный технический университет

Вариации термодинамических потенциалов материала дорожного асфальтобетонного покрытия и обоснование сроков ремонтных работ

Дорожное асфальтобетонное покрытие – это термодинамическая, инженерно-геологическая система, состоящая из которой характеризуется температурой (T), давлением (p), объемом материала (V), внутренней энергией (U) и энтропией (S). Для описания этого состояния используют три функции, называемые характеристическими или термодинамическими потенциалами: G – изобарно-изотермический потенциал (энергия Гиббса); F – изохорно-изотермический потенциал (энергия Гельмгольца, или свободная энергия); H – энтальпия [1]:

$$G = F + pV; \quad (1)$$

$$F = U - TS; \quad (2)$$

$$H = U + pV. \quad (3)$$

Для различных вариантов термодинамических условий того или иного процесса в инженерно-геологической системе самопроизвольно могут протекать только те процессы, которые сопровождаются уменьшением соответствующего термодинамического потенциала. Кроме того, изменение термодинамических потенциалов равно сумме всех видов работы, совершаемой в данной системе. Из этих важных положений следует целесообразность применения метода термодинамических потенциалов в дорожной отрасли для прогнозирования интенсивности процессов и характера изменения теплофизических свойств материала асфальтобетонного покрытия [2]. Одно из преимуществ метода потенциалов Гиббса заключается в том, что, оценивая изменение одной величины – термодинамического потенциала, имеется возможность оценить суммарное изменение энергии рассматриваемой термодинамической системы, происходящее в результате нескольких физико-химических процессов, которые обычно протекают одновременно и трудноразделимы.

Обоснованное установление межремонтных сроков службы асфальтобетонных покрытий имеет решающее значение для поддержания долговечности дорожной одежды. В работе [3] аналитически определяются основные критерии, задающие межремонтные сроки службы асфальтобетонных покрытий, причем эти критерии поставлены в зависимость от вариации энтропии материала на этапе строительства.

В процессе эксплуатации дорожного асфальтобетонного покрытия внутренняя энергия и энтропия его материала возрастают, в частности величина внутренней энергии постоянно увеличивается вследствие кумуляции диссипативной энергии от контакта с колесами автомобилей. В то же время свободная энергия, играющая компенсационную роль в различных деформационных процессах при эксплуатации дорожного покрытия, уменьшается [4].

Введем коэффициент дефицита свободной энергии, как отношение модуля приращения свободной энергии в данный момент времени к максимальному значению этого приращения за весь период эксплуатации:

$$k_{\text{деф}} = \frac{|\delta F|}{\delta F_{\text{max}}}. \quad (4)$$

На рисунке представлены результаты расчета по формуле (4): линия 1 – для крупнозернистого пористого асфальтобетона марки II (категория дороги I-Б, интенсивность движения 7–10 тыс. авт./сут); линия 2 – для мелкозернистого плотного асфальтобетона типа А марки I (категория дороги I-Б, интенсивность движения 15–20 тыс. авт./сут); линия 3 – для мелкозернистого плотного асфальтобетона типа Б марки I (категория дороги I-А, интенсивность движения > 20 тыс. авт./сут); линия 4 – для мелкозернистого плотного асфальтобетона типа Б марки I (категория дороги II, интенсивность движения 5–7 тыс. авт./сут).

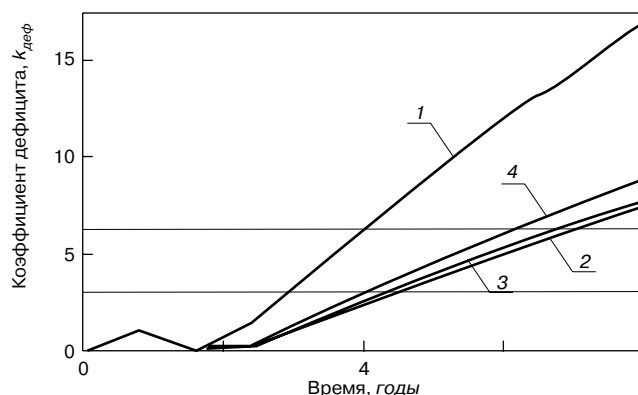
Значения теплофизических параметров указанных материалов получены как лабораторным путем, так и посредством запатентованной авторами приборной базы для неразрушающего контроля, позволяющей производить мониторинг дорожного покрытия [5]. При этом основным параметром мониторинга и в расчетах была величина удельной теплоемкости асфальтобетона [6].

Введенный коэффициент дефицита свободной энергии будем рассматривать как нормативный критерий, определяющий срок производства ремонтных работ. Иначе говоря, момент времени, в который текущее значение $k_{\text{деф}}(t)$ становится больше нормативного значения.

Нормативное значение коэффициента дефицита свободной энергии $k_{\text{деф}}^H$ в свою очередь соответствует моменту нарушения квазилинейности графиков удельной теплоемкости – с этого момента зависимости становятся нелинейными – и определяет начало ремонтных работ:

$$k_{\text{деф}}(t) > k_{\text{деф}}^H. \quad (5)$$

Анализ построенной имитационной модели изменения термодинамических свойств материала дорожного асфальтобетонного покрытия в течение его жизненного цикла позволяет построить методику функционального



Зависимость коэффициента дефицита свободной энергии $k_{\text{деф}}$ от времени эксплуатации покрытия. Для линий 1 и 2 рассчитаны значения нормативного коэффициента дефицита $k_{\text{деф}}^H$, равного 6, 4 и 3,14 соответственно

Таблица 1

Приращение величин	ξ	E , МПа	ρ , кг/м ³	C_m , Дж/(кг·°C)	δS , Дж/°C	δU , Дж	δF , Дж	δG , Дж
1-й год	1	3906	2550	960	- 99,89	-500	1498	5404
4-й год	2,91	2792	2400	1076	1048	5247	-15720	-12928

Таблица 2

Приращение величин	ξ	E , МПа	ρ , кг/м ³	C_m , Дж/(кг·°C)	δS , Дж/°C	δU , Дж	δF , Дж	δG , Дж
1-й год	1	2664	2350	1020	-140,85	-705	2112	4776
5-й год	2,874	1429	2250	1214	1649	8254	-24730	-23301

состояния дорожного асфальтобетонного покрытия с целью назначения обоснованных сроков и видов ремонтных работ.

Данная методика заключается в следующем:

1. По завершении этапа строительства дорожного асфальтобетонного покрытия определяют значения всех термодинамических функций, а также величину удельной теплоемкости материала покрытия, эти значения вносят в эксплуатационный паспорт автомобильной дороги.

2. Осуществляют аналитический мониторинг процесса эксплуатации дорожного асфальтобетонного покрытия (имитация термодинамических и физико-механических процессов при эксплуатации) с учетом категории дороги, типа асфальтобетона, интенсивности и грузонапряженности движения. При этом определяют в режиме реального времени значения следующих величин:

- коэффициент пластичности;
- модуль упругости;
- плотность;
- удельная теплоемкость;
- вариации термодинамических функций: энтропии, внутренней и свободной энергии, энергии Гиббса, которая определяется как:

$$G = F + EV,$$

где E – модуль упругости.

3. При выполнении неравенства (5) необходимо назначать ремонтные работы (средний ремонт); решение данного неравенства позволяет определять время начала этих работ; нормативное значение коэффициента дефицита свободной энергии определено в пределах числовых значений от 3 до 6 в зависимости от условий эксплуатации дорожного покрытия и типа асфальтобетона. Например, коэффициент дефицита свободной энергии для асфальтобетона типа А первой категории принимает значение, близкое к левой границе, для пористого асфальтобетона и второй категории дороги – к правой границе.

4. В случае каких-либо изменений в режиме эксплуатации автомобильной дороги вносятся соответствующие коррективы в имитационную модель, в результате чего изменяются и рекомендуемые сроки начала ремонтных работ.

Примеры работы предложенной методики.

Пример 1. Рассмотрим строительство дорожного асфальтобетонного покрытия из мелкозернистого плотного асфальтобетона типа А марки I. Автомобильная дорога первой категории – с начальной интенсивностью движения 16 тыс. авт./сут. По завершении этапа строительства определили начальные значения: толщина слоя $h=0,08$ м; удельная теплоемкость материала покрытия $C_m=970$ Дж/(кг·°C) при 20°C; плотность асфальтобетона $\rho=2450$ кг/м³; объем $V=1$ м³. Нормативное значение коэффициента дефицита равно 3,5. Расчетные данные позволяют составить табл. 1.

В результате расчета получили, что значение коэффициента дефицита свободной энергии после четвертого года эксплуатации покрытия равно 3,744 и превышает

нормативное значение. Таким образом, делаем вывод: средний ремонт должен проводиться после четвертого года эксплуатации данного покрытия.

Пример 2. Рассмотрим строительство дорожного асфальтобетонного покрытия из мелкозернистого пористого асфальтобетона. Автомобильная дорога второй категории с начальной интенсивностью движения 5 тыс. авт./сут. По завершении этапа строительства определили начальные значения: толщина слоя $h=0,06$ м; удельная теплоемкость материала покрытия $C_m=1035$ Дж/(кг·°C) при 20°C; плотность асфальтобетона $\rho=2350$ кг/м³; объем $V=1$ м³. Нормативное значение коэффициента дефицита равно 5,5. Используя расчетные данные, составляем табл. 2.

Значение коэффициента дефицита после пятого года эксплуатации покрытия равно 5,617 и превышает нормативное. Вывод: средний ремонт должен проводиться после пятого года эксплуатации данного покрытия.

Следует заметить, что по аналогии с коэффициентом дефицита свободной энергии материала можно ввести величину отношения вариации энтропии в рассматриваемый момент времени к абсолютной величине ее отрицательной вариации. Значение этой величины, определяющее срок производства ремонтных работ, будет равно 10–12 в зависимости от типа асфальтобетона и категории автомобильной дороги.

Вывод. Величины вариации термодинамических потенциалов материала дорожного асфальтобетонного покрытия являются объективными аналитическими критериями для определения сроков производства ремонтных работ.

Ключевые слова: материал дорожного асфальтобетонного покрытия, вариация энтропии, вариация свободной энергии, сроки ремонтных работ.

Список литературы

1. Королев В.А. Термодинамика грунтов. М.: МГУ, 1997. 168 с.
2. Завьялов М.А. Функциональное состояние дорожного асфальтобетонного покрытия // Известия вузов. Строительство. 2007. № 6. С. 92–97.
3. Завьялов М.А., Завьялов А.М. Зависимость межремонтных сроков службы асфальтобетонного покрытия от вариации энтропии в процессе строительства // Известия вузов. Строительство. 2004. № 9. С. 70–73.
4. Завьялов М.А., Завьялов А.М. Постстроительный период жизненного цикла дорожного асфальтобетонного покрытия: синергетические тенденции свойств материала // Строительные материалы. 2011. № 10. С. 14–16.
5. Завьялов М.А., Завьялов А.М. Аналитические методы определения сроков ремонтных работ дорожного асфальтобетонного покрытия // Наука и техника в дорожной отрасли. 2012. № 3. С. 35–38.
6. Завьялов М.А., Завьялов А.М. Теплоемкость асфальтобетона // Строительные материалы. 2009. № 7. С. 6–9.

В издательстве «Стройматериалы» Вы можете приобрести специальную литературу

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.

Пособие может быть полезно специалистам, работающим в области технологии керамики и огнеупоров.

Книга «Керамические пигменты»

Авторы – Масленникова Г.Н., Пищ И.В.

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

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

NEW

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.

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 «Бетонведение: лексикон»

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

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

Монография «Пестроцветные глины Гжельского месторождения»

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

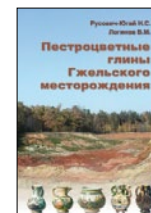
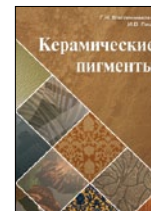
Под редакцией д-ра техн. наук Г.Н. Масленниковой

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

Монография «Производство деревянных клееных конструкций»

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

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



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

П.Б. РАПОПОРТ, канд. техн. наук, ООО «Центр дорожных технологий «ДОРЭКСПЕРТ» (Новосибирск); А.В. КОЧЕТКОВ, д-р техн. наук, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»; С.М. ЕВТЕЕВА, канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина»; В.А. ПОГУЛЯЙКО (soni.81@mail.ru), канд. техн. наук, ООО «Научно-исследовательский центр технического регулирования» (р. п. Соколовый, Саратовский р-н, Саратовская обл.)

Нормирование показателей битума

Практика дорожного строительства в России, состояние автомобильных дорог, в том числе и федерального значения, опровергает мнение о безукоризненности существующих требований к дорожным битумам, сформулированных в ГОСТ 22245.

Низкие эксплуатационные характеристики материалов, используемых в дорожном строительстве, в том числе и битумов, привели к тому, что уже на третий-четвертый год требуется проведение ремонта автомобильных дорог, тогда как за рубежом межремонтный период составляет 10–12 лет.

Низкое качество дорожных битумов по ГОСТ 22245, проявляющееся в недостаточных для условий России трещиностойкости, эластичности, адгезии, стало одной из главных причин преждевременного разрушения дорожных асфальтобетонных покрытий.

По данным Н.В. Горелышева (МАДИ), основные показатели физико-механических свойств асфальтобетона и дорожных битумов остаются практически неизменными с 1932 г. по настоящее время, но при этом средний срок службы асфальтобетонных покрытий снизился с 16–18 лет в 1950-х до 12–14 лет в 1980-х, 8–10 в 1990-х гг. и не более 5–6 лет в 2000–2005 гг., что совпадает с данными, полученными авторами.

Можно сделать вывод, что показатели физико-механических свойств битумов и асфальтобетона, принимаемые в РФ за основные, недостаточно полно характеризуют его и не определяют его потребительские свойства. В связи с этим возникла необходимость более детально исследовать изменения, происходящие с нормированием дорожных битумов за последнее время.

На состояние и развитие битумного производства в России оказывает существенное влияние ряд специфических факторов:

- сезонность выработки битумов основных дорожных марок, связанная с четко определенными периодами выполнения дорожно-строительных работ и порождающая проблемы для непрерывно функционирующих нефтеперерабатывающих предприятий;
- небольшое различие в цене битума и сырья и сложность проведения технологических операций с таким высоковязким и застывающим продуктом, как битум. На большей части НПЗ давно и физически и морально устарело основное технологическое оборудование битумных установок; на ряде производств, не оснащенных современными окислительными колоннами, продолжается эксплуатация устаревших трубчатых реакторов, не вполне пригодных для получения дорожных битумов;
- неконтролируемый разброс показателей качества поступающего на переработку сырья.

Нефтеперерабатывающим предприятиям России невыгодно дополнительно оборудовать битумное производство на НПЗ специальными охлаждающими системами для снижения температуры готового битума до 150°C вместо 250°C (это дает возможность получать битумы с улучшенными эксплуатационными свойствами; а также процессы с: 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 применяют 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 у них существенно лучшие показатели по водостойкости, устойчивости к износу, образованию трещин и перепадам значений температуры.

Технология получения битумов существенно влияет на их состав. Так, содержание смол в битумах одной и той же температуры размягчения, полученных непрерывным окислением сырья в колонном аппарате и в змеевиковом реакторе, ниже, а содержание асфальтенов и масел несколько выше, чем в битумах, полученных окислением того же сырья в кубе периодическим методом. 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.

Проблему стабилизации качества сырья порождает еще одна характерная особенность современного битумного производства – возросший уровень требований потребителя 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 (предложение Министра транспорта Игоря Левитина).

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.

Требования, предъявляемые к дорожным битумам, весьма разнообразны. Дорожные битумы должны:

- сохранять прочность при повышенной температуре, т. е. быть теплостойкими;
- сохранять эластичность при отрицательных значениях температуры, т. е. быть морозостойкими;
- сопротивляться сжатию, удару, разрыву под воздействием движущегося транспорта;
- обеспечивать хорошее сцепление с сухой и влажной поверхностью минеральных материалов;
- сохранять в течение длительного времени первоначальную вязкость и прочность.

Общеизвестно, что дорожные битумы российского и зарубежного производства принципиально различаются по качеству, которое предопределено различием нормативных требований к этому виду товарной продукции в нашей стране и за рубежом [2, 3].

Основными эксплуатационными свойствами, определяющими качество битумов, являются:

- Технические свойства – проницаемость стандартной иглы (пенетрация), температура размягчения, индекс пенетрации, растяжимость (дуктильность), температура хрупкости. Это основные показатели качества битумов. Глубина проникновения иглы (пенетрация) и температура размягчения характеризуют твердость битума, растяжимость – его эластичность.
- Физико-химические свойства – стабильность, плотность, поверхностное натяжение.
- Реологические свойства – дисперсность, вязкость, модуль упругости, модуль деформации. Реологические свойства битума не должны значительно изменяться при его разогреве в котлах, приготовлении и укладке смеси и в течение длительного срока службы в асфальтобетонных и других покрытиях.
- Тепловые свойства – удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности, коэффициент объемного расширения, температура вспышки. По температуре вспышки можно судить о наличии низкокипящих фракций в сырье и готовом битуме, а также об их взрыво- и пожароопасности в процессе производства и применения.
- Диэлектрические свойства – пробивное напряжение, удельная электропроводность, тангенс угла диэлектрических потерь. По изменению этих показателей можно контролировать адгезионные свойства битумов. С повышением диэлектрической проницаемости они, как правило, улучшаются.
- Оптические свойства – коэффициент рефракции, светопоглощение растворов битума. Эти свойства позволяют глубже изучить групповой состав битума.
- Отношение к растворителям и воде. По растворимости в органических растворителях судят о чистоте битума. Чем больше битум содержит продуктов, растворимых в хлороформе, бензоле, тем меньше в нем примесей, ухудшающих его свойства. Водорастворимость характеризует гидрофобные свойства вяжущего и его стабильность.
- Потеря массы битума при нагревании, изменение пенетрации и температуры размягчения битума после нагревания имеют большое значение для битумов, предназначенных для длительной службы в различных сооружениях и особенно в дорожных покрытиях. Они характеризуют стабильность свойств во времени.
- Адгезия и когезия – важнейшие показатели качества битумов как вяжущих материалов.

Область температуры, в которой желательна эксплуатация дорожного покрытия, лежит в интервале между значениями температуры размягчения ($T_{разм}$) и

хрупкости ($T_{хр}$). Она носит название интервала пластичности.

При превышении $T_{разм}$ дисперсная система переходит в свободно-дисперсное состояние. При этом жидкая дисперсионная среда под действием даже небольшой нагрузки будет выдавливаться из покрытия, прилипая к колесам транспортных средств, а на самой дороге появится колея.

Снижение температуры сопровождается переходом все большего количества компонентов битума из дисперсионной среды в адсорбционно-сольватную оболочку и затем в твердую дисперсную фазу. При температуре, определенной для каждой битумсодержащей системы, вся дисперсионная среда переходит в адсорбционно-сольватную оболочку. Это сопровождается некоторой деформацией сложных структурных единиц компонентов верхнего слоя дорожного покрытия (ССЕ) и образованием достаточно жестких, напряженных связей между ними. При этом пропадают эластичные свойства и материал трескается при механической нагрузке. Если температура окружающей среды опускается еще ниже, то наблюдается переход всего адсорбционно-сольватного слоя ССЕ в твердое состояние, т. е. в дисперсную фазу, и перекристаллизация компонентов битума. Этот момент называется температурой стеклования ($T_{ст}$). Такое состояние характеризуется тем, что битумсодержащее вещество растрескивается при приложении к нему любой, даже незначительной нагрузки.

Вполне очевидно, что для удовлетворительной эксплуатации дорожного полотна необходимо его изготавливать с использованием битума, имеющего как можно более широкий интервал пластичности, т. е. повышенную температуру размягчения и пониженную температуру хрупкости. Причем желательной для битумов является не только более низкая температура хрупкости, но и более низкая температура стеклования.

В дорожных покрытиях битум выполняет роль как вяжущего, так и гидроизолирующего материала. Он должен связывать и удерживать частицы минерального наполнителя, не изменять своих свойств в процессе эксплуатации, например под действием атмосферной влаги, осадков, колебаний температуры; обеспечивать сопротивление покрытия воздействию многократно повторяющихся нагрузок в широком интервале температуры ($-25 - +60^{\circ}\text{C}$); распределять напряжения в покрытии таким образом, чтобы имели место только упругие деформации. Работоспособность битумного вяжущего в составе асфальтобетона при периодическом воздействии напряжений сдвига, сжатия и перепада температуры во многом зависит от пластичности и растяжимости дорожного битума.

В России практически не сложились единые представления специалистов об идеальном и реальном дорожном битуме, не сформированы требования к показателям его качества, долговечности 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.

В последние годы прослеживается четкая тенденция по унификации требований, предъявляемых к основным продуктам, производимым в Европе. Поэтому Европейский союз поручил Европейской организации по стандартизации (СЕН) разработку норм, учитывающих особые условия в каждой из стран (климат, интенсивность дорожного движения и типичную для страны практику дорожного строительства).

В соответствии с этими нормативами обязательными контролируемыми показателями качества являются

пенетрация при 25°C, температура размягчения, температура вспышки, растворимость в толуоле и испытание с нагревом в тонком слое, которое в России не определяют. Испытания на пенетрацию служат для классификации битумов, характеризуют твердость битума и помогают вычислить жесткость битума при различных нагрузках. Значения температуры размягчения используются для описания стойкости битума к деформации и вместе с пенетрацией характеризуют его термочувствительность.

Для описания твердения битума при изготовлении асфальтовой смеси применяют три различных метода испытаний:

- RTFOT (испытание с нагревом в тонком слое при обновлении поверхности, в России не применяется);
- TFOT (испытание с нагревом с тонком слое, в России не применяется);
- RFT (испытание с нагревом во вращающейся колбе и с подачей воздуха, используется в Германии).

Сходимость испытаний чрезвычайно хорошая, и с их помощью можно получить одинаковые результаты, хотя в противоречащих случаях приоритет отдается методу RTFOT.

С помощью норматива изменения массы при испытании с нагревом в тонком слое стремятся предотвратить применение битумов, содержащих слишком много легких фракций.

Склонность битума к затвердению ограничивается минимальным требованием к показателю остаточной глубины проникновения после прогрева в тонкой пленке. Чрезмерное затвердение битума при изготовлении асфальта может привести к хрупкому асфальтовому покрытию.

Нормирование температуры размягчения после испытания с нагревом в тонком слое определяет минимальное требование к деформационной стойкости битума.

Определение температуры вспышки является испытанием на безопасность, направленным на обеспечение условий перевозки и хранения битума. Испытание проводится, как правило, в открытом сосуде.

Определение растворимости служит испытанием битума на чистоту, гарантирующим, что битум не содержит кокса или других посторонних веществ. Кроме обязательных испытаний предусмотрены и факультативные, которые могут включаться отдельными странами в перечень необходимых и быть обязательными для исполнения в этой стране.

Испытание на содержание парафинов, которое в России не проводится, характеризующее химический состав битумов, но не определяющее никаких его функциональных свойств, не было одобрено всеми странами. Это привело к компромиссу, состоящему в том, что требование является факультативным, временным и будет отменено в следующем нормативе.

Динамическая вязкость при 60°C, которая в России не определяется, является в северных странах критерием деформации битума вместо температуры размягчения. Испытание определяет фундаментальное свойство вещества, а не эмпирическую характеристику, какой является температура размягчения; при этом корреляция вязкости с деформационной стойкостью асфальта также немного лучше, чем при использовании показателя температуры размягчения. Однако определение вязкости практически не использовалось в центрально- и южно-европейских странах, поэтому температура размягчения стала обязательным требованием, а испытание на вязкость при 60°C было принято как факультативное.

Кинематическая вязкость при 135°C характеризует перекачиваемость битума и смешиваемость с минераль-

ным материалом, а вместе с динамической вязкостью при 60°C и глубиной проникания она характеризует также термочувствительность битума.

Температура хрупкости по Фраасу характеризует термостойкость битума при отрицательной температуре. Поскольку в южно-европейских странах такое испытание не является актуальным, этот показатель отнесен к факультативным.

Для контроля твердения битума существует и другая возможность, имеющая в основе тот же метод испытания при нагреве в тонком слое. В качестве оценочных параметров был предложен выбор из четырех вариантов. В каждом нормируется изменение температуры размягчения после прогрева. Кроме того, в трех вариантах нормируется значение температуры хрупкости и в двух из этих вариантов дополнительно – индекс пенетрации битума.

Включение в норматив индекса пенетрации подверглось долгому обсуждению, но в конце концов он не был включен прямо, а лишь косвенно через требования к пенетрации и температуре размягчения. Причиной этого явилось то, что определение индекса пенетрации не дает практических преимуществ перед включенными в качестве нормативов пенетрацией и температурой размягчения. Кроме того, индекс пенетрации сам по себе не гарантирует качества битума, в то время как нормативы пенетрации и температуры размягчения установлены таким образом, что они характеризуют термочувствительность битума.

Испытание на растяжимость битума не было включено в норматив, поскольку в своей теперешней форме оно вряд ли может быть отнесено к функциональным испытаниям, так как у всех основных марок растяжимость превышает 100 см.

Испытание на сцепление не рассматривалось как не относящееся к собственно битумным нормам, а учитывалось прежде всего как испытание асфальтовой смеси, поскольку результат испытаний на сцепление, по мнению зарубежных специалистов, больше зависит от каменного компонента, чем от свойства вяжущего.

Факультативным является испытание для определения температуры хрупкости.

Не смотря на то что в России новые общеевропейские нормативы пока не утверждены, производители дорожных битумов должны их знать и в определенной степени ориентироваться на них.

При испытании битума зарубежными НД предусмотрено определять коэффициент вариации, у дорожников РФ он не определяется. Необходимо признать это важнейшим отклонением в системах технического нормирования показателей битума в России и за рубежом. Это противоречие должно быть устранено.

В России в отличие от Европы (EN 58:2004 Битумы и битумные вяжущие. Отбор проб битумных вяжущих, EN 12594:2007 Битум и битумные вяжущие. Подготовка проб для испытания) не нормированы условия подготовки проб битумных вяжущих для приготовления образцов для стандартных испытаний и условия отбора проб органических вяжущих для дорожного строительства.

Наряду с традиционными свойствами битума, которые в Европе и России определяются примерно одинаково (EN 1425:1999 Битум и битумные вяжущие. Определение органолептических характеристик, EN 1427:2007 Битум и битумные вяжущие. Определение температуры размягчения. Метод кольца и шара) в РФ не определяются показатели свойств битума, регламентированные зарубежными НД:

- вязкость при 135°C и динамическая вязкость (EN 12596, ASTM D 2171, ASTM D 2170);
- потери массы после прогрева при 163°C (ASTM D 1754);

- динамическая вязкость при 60°C после прогрева при 163°C (ASTM D 2171);
- остаточная пенетрация при 25°C после прогрева при 163°C (ASTM D 5);
- модуль упругости битума при -18°C;
- предельное относительное удлинение при разрыве при -18°C;
- степень растворимости битумных вяжущих без и с малыми включениями минерального материала, не являющегося составляющим асфальтобетонной смеси, в определенном растворителе;
- количество парафина в битуме или битумном вяжущем методом дистилляции (DIN 52015);
- количество парафина, содержащегося в битуме или битумном вяжущем, методом экстрагирования (AFNOR NF T 66-015);
- оценка эффекта совместного влияния высокой температуры и воздуха на битум или битумное вяжущее при вращении его в виде тонкой пленки, имитирующего процесс старения, которому подвергается битумное вяжущее во время приготовления асфальтобетонной смеси, транспортировки и хранения (EN 1426);
- зольность ASTM D 113;
- растворимость в толуоле ASTM D 2042.

Выводы. Из-за существенных различий в НД и методах испытаний сравнивать зарубежные и отечественные битумы некорректно и неверно.

То, чего мы лишились в результате пренебрежения мировым опытом, иллюстрируют нижеприведенные примеры.

Анализ песчаных асфальтобетонных смесей показал, что оптимум битума в РФ составил 7,6%, а в зарубежных странах – 6,7%. В США содержание вяжущего в мелкозернистых асфальтобетонных смесях составляет

4,6–5,8%, в Швеции – 5–6%, в многощебенистых смесях – 6,5%, а в РФ – 6–9,5%. Содержание минерального порошка составляет в странах Европы и США 3–5%, а в России – 9–11%. Средняя толщина пленки на минеральных зернах в США рекомендуется не менее 9 мкм, а в России составляет 6–8 мкм. Все это предопределяет недостаточную долговечность асфальтобетона в конструктивных слоях автомобильных дорог России. Средний срок службы отечественных асфальтобетонных покрытий составляет примерно две трети от срока службы зарубежных дорог (в Сибири не превышает 50–55%). В ЕС нормативный срок службы национальных автомобильных дорог колеблется от 40 лет в схожей с Россией по климатическим условиям Швеции, до 80 лет в Италии (в России срок службы дорог, по материалам 1980-х гг., составлял не более 10–12, в настоящее время – 5–6 лет).

Ключевые слова: битум, методы нормирования, показатели, эксплуатационные характеристики, качество.

Список литературы

1. *Челпанов И.Б., Кочетков А.В., Возный С.И., Чванов А.В.* Объекты и стандарты испытаний материалов в технике и дорожном хозяйстве // Строительные материалы. 2009. № 1. С. 66–72.
2. *Карнеев С.В., Кочетков А.В., Сапсаенко Д.Б., Чванов А.В.* Относительные методы определения параметров качества дорожных материалов // Строительные материалы. 2009. № 5. С. 6–9.



Активатор
измельчение активация синтез

Российские промышленные помолыно - классификационные комплексы «Активатор».

	АПК 100	АПК 500	АПК 1000	АПК 5000
производительность	100 кг/ч	500 кг/ч	1000 кг/ч	5000 кг/ч
граница разделения	1-10 мкм	3-20 мкм	5-50 мкм	5-70 мкм
потребляемая мощность	11 кВт/ч	22 кВт/ч	45 кВт/ч	130 кВт/ч

Общий вид кривых распределения частиц по размерам после помола и классификации.



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

В.Н. СВЕЖИНСКИЙ, генеральный директор ЦИТИ «Дорконтроль» (Москва)

Традиционный семинар «Дорожно-строительные материалы, изделия и конструкции, их роль в обеспечении безопасности дорожного движения»

5 февраля 2013 г. состоялся очередной, 13-й ежегодный семинар «Дорожно-строительные материалы, изделия, конструкции и их роль в обеспечении безопасности дорожного движения». Это мероприятие традиционно проводится с 2001 г., организатором выступает ЦИТИ «Дорконтроль» совместно с Федеральным дорожным агентством Министерства транспорта Российской Федерации. Мероприятие прошло в конференц-зале Московской международной школы бизнеса (МИРБИС).

Семинар был открыт **И.Г. Астаховым**, начальником Управления эксплуатации и сохранности автомобильных дорог Росавтодора. В своем выступлении Игорь Георгиевич рассказал о мероприятиях, проводимых на федеральных автомобильных дорогах с целью повышения безопасности. Отдельно И.Г. Астахов остановился на дорожной разметке — многолетних контрактах, подходах к выборам типов материалов, задачах на новый сезон.

Заместитель председателя правления государственной компании «Российские автомобильные дороги» **А.И. Целковнев** в приветственном слове перечислил основные задачи, которые стоят перед госкомпанией в части комплексного решения проблемы безопасности на строящихся, реконструируемых, ремонтируемых автомобильных дорогах, а также на объектах, находящихся в процессе эксплуатации. Также Александр Иванович поделился с участниками семинара информацией о деятельности Автодора в области разработки новых нормативных документов, в первую очередь межгосударственных стандартов.

Доклад генерального директора ЦИТИ «Дорконтроль» **В.Н. Свежинского** продолжил тему выступления А.И. Целковнева — речь шла о разработке межгосударственных стандартов в области дорожной разметки и цветных покрытий противоскольжения. Докладчик отметил, что несмотря на введение в действие с 1 сентября 2012 г. двух новых национальных стандартов в области дорожной разметки (ГОСТ Р 51256—2011 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования» и ГОСТ Р 54809—2011 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Методы контроля»), работа над совершенствованием нормативной базы продолжается, при этом следует выделить два основных направления.

Первое связано с подготовкой изменения № 1 в новый ГОСТ Р 51256—2011. Необходимость этого вызвана принятием постановления Правительства Российской Федерации от 21 января 2013 г. № 20 «О внесении изменений в Правила дорожного движения Российской Федерации», вступающего в силу с 1 июля 2013 г. Речь идет о появлении нового дорожного знака «Фотовидеофиксация» с соответствующим

символом горизонтальной дорожной разметки. В обязательных приложениях к Правилам дорожного движения приведены изображения и наименования дорожных знаков и дорожной разметки с ссылками на действующие национальные стандарты. Вначале следует ввести изменения в нормативную базу (ГОСТ Р 52290—2004 и ГОСТ Р 51256—2011), а уже затем в Правила дорожного движения.

Второе. В связи с введением в действие в мае 2015 г. технического регламента Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог» (ТР ТС 014/2011) необходимо создание доказательной базы, т. е. разработка комплекса межгосударственных стандартов, в том числе устанавливающих требования к дорожной разметке и цветным покрытиям противоскольжения.

В соответствии с решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 13 июня 2012 г. № 81 «О Программе по разработке межгосударственных стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог» (ТР ТС 014/2011), а также межгосударственных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог» (ТР ТС 014/2011) и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции» (письмо Евразийской экономической комиссии от 19 июня 2012 г. № ЕЭК/6-1699 «О программе по разработке межгосударственных стандартов») в период до начала действия технического регламента должны быть разработаны, пройти процедуру обсуждения, утверждены и введены в действие 111 межгосударственных стандартов (или их комплексов), в том числе следующие ГОСТы:

- «Дороги автомобильные общего пользования. Разметка дорожная. Технические требования»;
- «Дороги автомобильные общего пользования. Разметка дорожная. Методы контроля»;
- «Дороги автомобильные общего пользования. Цветные покрытия противоскольжения. Технические требования»;
- «Дороги автомобильные общего пользования. Цветные покрытия противоскольжения. Методы контроля».

Заказчиком выполнения работ по подготовке первых двух межгосударственных стандартов выступает Министерство транспорта Российской Федерации, вторых двух — государственная компания «Российские автомобильные дороги», а исполнителем всех четырех — Центр инженерно-технических исследований «Дорконтроль» (ЦИТИ «Дорконтроль»). На сегодняш-



В президиуме (слева направо): В.Н. Свежинский, И.Г. Астахов, А.И. Целковнев



Участники семинара

ний день подготовлены первые редакции документов, о проделанной работе доложено на научно-технических советах организаций-заказчиков, идет процесс общественного обсуждения.

Начальник отдела УП «СТиМ» (Республика Беларусь) **В.В. Климахович** сделал сообщение о технологиях нанесения горизонтальной дорожной разметки холодными пластиками. Было рассмотрено так называемое толстослойное нанесение (с получением разметки со сплошной, структурной и профильной, обеспечивающей шумовой эффект, поверхностями), а также «тонкослойное нанесение» с образованием разметки толщиной до 1,5 мм.

В.В. Климахович провел сравнение холодных пластиков различных систем:

- система 1:1 (компонент А и компонент В смешиваются в равных пропорциях);
- система 98:2 (основной мономер и катализатор реакции полимеризации).

Применение холодных пластиков для горизонтальной дорожной разметки уже показало свою высокую эффективность и, безусловно, является весьма перспективным видом материала.

И. Паишков, ведущий технический эксперт Системы безопасности дорожного движения ЗАО «ЗМ Россия», посвятил свой доклад новым зарубежным технологиям и решениям, обеспечивающим безопасность дорожного движения, связанным с обеспечением видимости дорожной разметки и других технических средств организации движения в различных условиях, прежде всего в условиях ограниченной видимости.

О современных приборах и оборудовании для контроля дорожной разметки рассказал **А.А. Багдасарян**, первый заместитель генерального директора ОАО СНПЦ «РОСДОРТЕХ». Помимо анализа импортных средств измерений, предназначенных для контроля фотометрических параметров разметки (коэффициентов световозвращения и светоотражения при диффузном естественном или искусственном освещении, определяющем ночную и дневную видимость разметки), Артур Аркадьевич сообщил об оборудовании, выпускаемом в Российской Федерации и необходимом для соблюдения положений ГОСТ Р 54809—2011 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Методы контроля».

В.Н. Свежинский, генеральный директор ЦИТИ «Дорконтроль», в своем втором сообщении озвучил результаты, полученные в ходе инструментального кон-

троля качества разметочных материалов (около 500 проб красок, эмалей, термопластиков, холодных пластиков, микростеклошариков, полимерных лент, штучных форм) и горизонтальной дорожной разметки на различных этапах ее жизненного цикла в 25 субъектах Российской Федерации, выполненного специалистами организации в 2012 г. К основным выявленным минусам горизонтальной дорожной разметки необходимо отнести недостаточные функциональную долговечность, коэффициент световозвращения, коэффициент яркости и геометрические параметры.

Помимо обеспечения требований к горизонтальной дорожной разметке, ее функциональной долговечности, чрезвычайно важным является обеспечение экологической безопасности этого технического средства организации дорожного движения. **М. Пирот** (компания Evonik Röhm GmbH, Германия) и **А.В. Эфендиев** (ООО «Эвоник Химия») проанализировали взаимосвязь долговечности разметки и выбросов в атмосферу углекислого газа, предложили направления снижения отрицательного воздействия на окружающую среду с учетом всего жизненного цикла разметки, выполняемой из различных материалов.

Проблеме обеспечения коэффициента световозвращения горизонтальной дорожной разметки были посвящены доклады представителей отечественных организаций — производителей микростеклошариков — ООО «Вайскер» и ООО «ТД «Сферастек».

Повышение эффективности горизонтальной дорожной разметки в результате придания ей дополнительных потребительских свойств, а именно вибрационной и шумовой составляющих, были рассмотрены в выступлениях специалистов ООО «КЛТ-Сервис» и ООО «Компания Би Эй Ви».

Также на семинаре был затронут вопрос искусственного освещения автомобильных дорог. С докладом о путях и проблемах использования энергосберегающих технологий в дорожном хозяйстве выступил **В.Г. Терехов**, заместитель генерального директора по развитию ЭСКО «Новый Свет».

Всего в семинаре приняли участие более 150 российских и иностранных специалистов, представляющих органы управления федеральными, территориальными и муниципальными автомобильными дорогами, научно-исследовательские институты, образовательные учреждения, ассоциацию РАДОР, подрядные компании, а также производителей и поставщиков материалов и оборудования.

Д.Е. БАРАБАШ, д-р техн. наук, военно-учебный центр Военно-воздушных сил РФ «Военно-воздушная академия» (Воронеж); Ю.М. БОРИСОВ, д-р техн. наук, А.В. АНИСИМОВ, инженер (barabash60170@rambler.ru), Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Неизоцианатные полиуретаны – основа конструкционных композитов

Имеющийся опыт использования полимербетонов для оперативного ремонта и реконструкции ответственных элементов зданий и сооружений показал их преимущество в сравнении с бетонами на основе минеральных вяжущих. Это обусловлено высокой адгезией полимеров к различным поверхностям, трещиностойкостью, химической стойкостью отвержденных композитов и сокращенными сроками ввода в эксплуатацию. В большинстве применяемых полимербетонов основой традиционно служат эпоксидные или полиэфирные смолы.

Также к числу эффективных полимерных связующих, обладающих совокупностью указанных свойств, можно отнести полиуретаны на основе изоцианатов.

Доля полиуретана в мировом производстве пластмасс – 9,2%, в России этот показатель составляет около 5,5%. Объем российского рынка полиуретанов растет от 15 до 20% в год, приближаясь к 450 тыс. т. В 2010 г. емкость мирового рынка составляла 14 млн т (33 млрд USD). К 2016 г. она вырастет до 18 млн т (около 55 млрд USD).

Вместе с тем имеются и существенные недостатки, препятствующие повсеместному внедрению в практику строительства композитов на полимерной основе. Это токсичность компонентов связующего, коррозия металлических закладных деталей и арматуры при использовании кислых катализаторов, усадка при твердении и достаточно высокая стоимость.

В связи с этим в число рекомендуемых характеристик для полимерных связующих и композиций на их основе входят: минимальная токсичность, заданная вязкость, способность к отверждению в достаточно широком диапазоне температуры, минимальное содержание растворителя или полное его отсутствие, стойкость к воздействию атмосферных и эксплуатационных факторов, гарантированная надежность при длительной эксплуатации (высокая долговечность). Указанные свойства непосредственно зависят от состава и строения используемых полимеров [1].

Современное состояние и перспективы развития химической промышленности позволяют значительно расширить ассортимент полимерных связующих. Среди инновационных разработок последних лет имеется экологически безопасный неизоцианатный полиуретан (НПУ). Указанный полимер и композиты на его основе определенно можно отнести к так называемым зеленым строительным материалам, не причиняющим вреда окружающей среде [2].

Традиционный метод производства линейных и сетчатых полиуретановых соединений основан на реакции между олигомерами с концевыми гидроксильными и концевыми изоцианатными группами.

Метод экологически опасен из-за токсичных изоцианатов, которые производят из фосгена – боевого отравляющего вещества.

Еще одним недостатком полиуретана, произведенного по традиционной технологии, является высокая пористость. Поскольку реакция образования уретана проявляет высокую чувствительность к влаге, происходит нежелательная побочная реакция с водой, что в процессе производства приводит к образованию углекислого газа внутри материала.

Традиционные полиуретаны, образованные из изоцианатов, непригодны для использования в композитных матричных материалах, так как им свойственна пониженная прочность, определяемая их молекулярным составом, поскольку внутри полимерной структуры находятся гидролитически неустойчивые химические связи, которые делают их восприимчивыми к различным факторам окружающей среды.

Инновационные разработки отечественных и зарубежных исследователей в области синтеза неизоцианатных полиуретанов позволяют практически полностью исключить ранее указанные недостатки.

В последние годы достаточно полно изучены реакции взаимодействия циклокарбонатов с аминами с образованием гидроксидуретанов. Применение гидроксидуретанов для модификации эпоксидных систем позволяет получить материалы с различными свойствами для устройства покрытий, производства клеев и пен [2, 3].

Компания PolymateLtd. разработала несколько новейших нанотехнологий, защищенных патентами США, Европы и Канады. В частности, промышленно производятся наноструктурированные НПУ, получаемые по реакции олигомерных циклокарбонатов, в том числе на основе растительных масел и олигомерных первичных аминов.

Такие полиуретаны обладают высокой прочностью, ударо- и износостойкостью, а также гидролитической стабильностью.

Технологию получения НПУ разрабатывает и казанская компания «Экополимер». Суть проекта в замене изоцианата рапсовым маслом, ежегодные объемы производства которого в Татарстане составляют 20 тыс. т. Рапсовое масло традиционно используется как пищевое, причем доля рапса в производстве маслосодержащих сельскохозяйственных культур возрастает, что связано с преобладанием в его составе мононенасыщенных кислот олеинового ряда и незначительным содержанием ди- и триненасыщенных, служащих прекрасным сырьем для органического синтеза.

Значительный интерес представляет одновременная полимеризация с формированием двух взаимопрони-

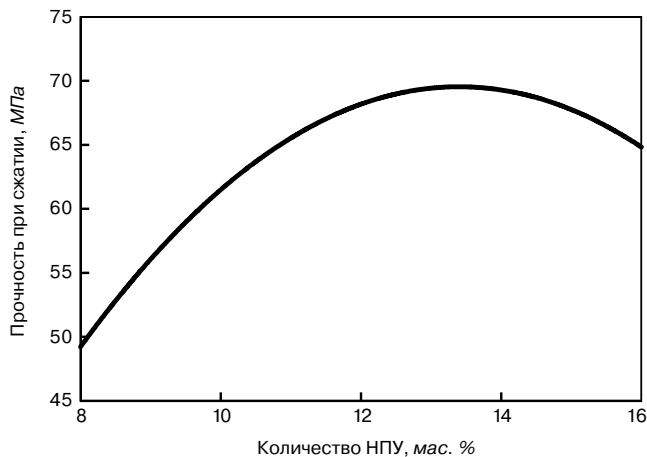


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии образцов от количества НПУ

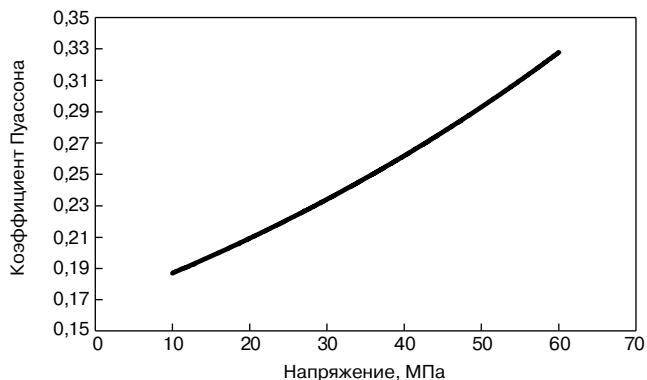


Рис. 2. Изменение коэффициента Пуассона в зависимости от роста напряжений

кающих сеток, которые распространяются по всей смеси, что вызывает гидролитическую поликонденсацию силановых групп. Формирование указанных сеток возможно при использовании эпоксидных, циклокарбонатных и метакриловых олигомеров вместо традиционных аминных олигомеров в реакциях синтеза НПУ.

Особым техническим преимуществом получаемых продуктов является то, что помимо механических свойств традиционных полиуретанов (износостойкость, прочность при растяжении, хорошая адгезия, эластичность и т. д.) они также обладают повышенной стойкостью к химическому воздействию по сравнению с эпоксидными смолами, у которых недостаточные показатели механических свойств. Такое сочетание свойств в одном материале значительно расширяет его потенциал [4].

В этой связи авторами проведены пилотные исследования возможности использования НПУ в качестве связующего для конструкционных композитов.

На первом этапе были выполнены исследования по оптимизации рецептуры двухкомпонентного связующего, включающего циклокарбонат + амин и эпоксидную систему.

Оптимизацию проводили в направлении получения максимальной прочности на сжатие и приемлемых сроков твердения.

Установлено, что при 20–27°C схватывание материала происходит в течение 4 ч, а максимальная прочность набирается в течение 40–48 ч.

На втором этапе были определены требования к наполнителям. В результате проведенных экспериментов установлено, что при совмещении наполнителей со свя-

Номера составов	Содержание компонентов, мас. %			
	НПУ	Зола-унос	Песок	Щебень
1	10	8	27	55
2	13	7	26	54
3	16	6	25	53

зующим в условиях большой разницы в pH возможно протекание негативных реакций в пограничном слое с НПУ либо вспучивание композита вследствие выделения газообразных продуктов побочных реакций. Показано, что наполнители должны удовлетворять условию $9 > \text{pH} > 5$.

Установлена корреляция между величиной удельной поверхности и маслоскостью используемых наполнителей.

В целях снижения стоимости получаемого полимербетона и с учетом pH-показателей для наполнения использовали золу-унос и песок промытый кварцевый.

Заполнитель – щебень гранитный фракции 5–10 мм. Аналитический расчет гранулометрического состава предлагаемого полимербетона показал, что количество НПУ в смеси должно составлять не менее 10 мас. %. Однако экспериментами установлено, что смесь с таким содержанием НПУ имеет очень высокую вязкость, не позволяющую использовать литьевую технологию.

Для установления зависимости призмочной прочности полимербетона от содержания НПУ по массе с ограничениями вязкости исследованы три состава с содержанием компонентов, указанных в таблице.

Графическая интерпретация результатов исследований призмочной прочности образцов неизоцианатных полиуретанбетон (НПУБ) представлена на рис. 1.

Зависимость при сжатии от количества связующего адекватно описывается уравнением вида:

$$\sigma_c = -0,6964x^2 + 18,667x - 55,514,$$

где σ_c – прочность при сжатии, МПа; x – концентрация НПУ.

По результатам испытания в условиях кратковременного нагружения установлено, что максимальной призмочной прочностью до 70 МПа обладали образцы, содержащие 13 мас. % НПУ. Для образцов НПУБ модуль упругости составил 18720 МПа.

При меньшем количестве связующего наблюдалось снижение призмочной прочности, вызванное недостаточным заполнением межкомпонентного пространства полимером.

Снижение призмочной прочности образцов при увеличении содержания НПУ происходило из-за образования пленки повышенной толщины связующего в контактной зоне наполнителей и заполнителя.

Для состава с максимальной прочностью на сжатие были проведены исследования, направленные на установление зависимости коэффициента Пуассона от величины напряжений. Результаты проведенных испытаний графически представлены на рис. 2.

При последовательном повышении напряжения коэффициент Пуассона возрастал от 0,18 до 0,33. Причем вплоть до достижения разрушающего напряжения в образцах не наблюдалось образования трещин.

Полимербетоны в целом являются более устойчивыми к образованию трещин при статической нагрузке, чем бетоны на минеральных вяжущих. Для установления зависимости между действующими напряжениями и деформациями были проведены исследования про-

цесса деформирования образцов НПУБ при кратковременном действии сжимающих нагрузок.

Величину относительных деформаций определяли по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l},$$

где Δl — изменение линейных размеров; l — база измерений.

Полученные зависимости изменения относительных продольных и поперечных деформаций от прилагаемой нагрузки коррелируют между собой, что свидетельствует об ортотропности материала.

Указанные зависимости линейны вплоть до достижения напряжения 60 МПа. С увеличением нагрузки значения деформаций логарифмически возрастали, асимптотически приближаясь к пределу прочности при сжатии.

Полученные данные дают возможность сделать заключение о конструкционных свойствах НПУБ и ограничить допускаемые напряжения.

Следует отметить, что исследованные составы НПУБ сохраняют свои конструкционные свойства вплоть до напряжений, составляющих 70% от разрушающих.

Обобщенные результаты пилотных исследований позволяют сделать заключение о перспективности использования композитов на основе неизоцианатных полиуретанов в элементах зданий и сооружений, эксплуатирующихся в условиях воздействия агрессивных сред.

Предлагаемый неизоцианатный полиуретанбетон является высокотехнологичным и безопасным строи-

тельным материалом, производство которого возможно как в заводских условиях, так и на строительной площадке.

Несомненным достоинством неизоцианатного полиуретанбетона является доступность исходного сырья и возможность модификации в соответствии с предполагаемыми условиями эксплуатации.

Ключевые слова: неизоцианатные полиуретаны, конструкционные композиты.

Список литературы

1. Барабаш Д.Е., Лазукин В.В. Проектирование композиционных строительных материалов на основе модифицированных жидких олигодиенов // Строительные материалы. 2009. № 11. С. 40–46.
2. Шаповалов Л.Д., Фиговский О.Л., Кудрявцев Б.Б. Неизоцианатные полиуретаны. Синтез и применение // Вопросы химии и химической технологии. 2004. № 1. С. 232–236.
3. Figovsky O., Shapovalov L. Cyclocarbonate Based Polymers Including Non-Isocyanate Polyurethane Adhesives and Coatings. Encyclopedia of surface and colloid science. New York: Edited by P. Somasundaran, 2006, v. 3, Pp. 1633–1652.
4. Figovsky O., Borisov Y., Beilin D. Rubber Concretes for Industrial Floors Proceedings // 6th International Colloquium Industrial Floor 07. Germany. 2007, v. 1. Pp. 155–163.



Первая конференция «Строительство: анализ рынка и прогноз до 2015 года»

13 сентября 2013 г.

Radisson Blu Belorusskaya Hotel,
Москва, Россия

Восточно-Европейская Ассоциация Прогнозирования Строительства

Члены Ассоциации:



(Болгария, Россия, Румыния, Сербия, Словения, Турция, Украина)

Восточно-Европейская Ассоциация Прогнозирования Строительства (EECFA), созданная в 2012 г., является объединением 7 национальных исследовательских организаций, основанном для проведения исследований и прогнозирования развития строительного комплекса.

Проводимые членами EECFA исследования региональных рынков охватывают 18 сегментов строительства в соответствии с классификацией Eurostat. Исследования проводятся по уникальной методике с использованием единых подходов к обработке данных и построению прогнозной модели, что позволяет получить сопоставимые данные для разных стран.

Подробная информация о конференции, условия участия и регистрация на сайте

<http://eecfa.com>

Все вопросы по электронной почте gs-expert@eecfa.com

тел. +7 (499) 250-4874; +7 (916) 507-8377

Асфальтобетон высокого качества — гарантия долговечности покрытий автомобильных дорог

29 января 2013 г. в рамках 71-й научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ прошло XXV заседание ежегодной международной научной сессии Ассоциации исследователей асфальтобетона. Оно было посвящено 100-летию со дня рождения выдающегося специалиста в области дорожного строительства, замечательного педагога, профессора, доктора технических наук **Николая Васильевича Горельешева**. Николай Васильевич, вернувшийся в МАДИ из СоюздорНИИ, который он в течение ряда лет возглавлял, с 1984 по 1989 г. заведовал кафедрой дорожно-строительных материалов. Он руководил разработкой новых принципов нормирования свойств асфальтобетона. Под редакцией Н.В. Горельешева были выпущены учебник по строительству автомобильных дорог, справочники и монографии по дорожному асфальтобетону. Николаем Васильевичем подготовлено более 40 кандидатов наук.

Участники научной сессии также сердечно поздравили с 75-летним юбилеем сопредседателя Ассоциации исследователей асфальтобетона, заведующего кафедрой дорожно-строительных материалов ХНАДУ доктора технических наук, профессора **Виктора Александровича Золотарева**, члена Европейского комитета по нормализации (CEN), участника Всемирной дорожной ассоциации (PIARC-AIPCR).

На сессии были заслушаны доклады, посвященные перспективам развития нормативно-технической базы асфальтобетона и битумоминеральных смесей. В рамках этой тематики выступили: д-р техн. наук **А.В. Руденский** (ГУП НИИМосстрой) с сообщением «О необходимости переработки ГОСТа на асфальтобетон»; канд. техн. наук ген. директор ООО «Институт Дорожных Покрытий» **Г.Н. Кирюхин** с докладом, посвященным проблематике развития нормативно-технической базы щебеночно-мастичного асфальтобетона с учетом зарубежного опыта и анализа производственного опыта; **Т.С. Худякова** (ГП «Дорсервис») с сообщением «О роли предварительного национального стандарта «Битумы нефтяные дорожные вязкие» в решении проблемы улучшения качества дорожных битумов отечественного производства и повышения долговечности дорожных покрытий». В ряде докладов были рассмотрены проблемы повышения качества и увеличения жизненного цикла дорожных асфальтовых покрытий. Этой тематике были посвящены и выступления **В.А. Золотарева** «Время как критерий оценки долговечности асфальтовых материалов», д-ра техн. наук **С.К. Илиопова** (ГК «Автодор» «Проблемы долговечности асфальтобетонных покрытий и пути их решения». Проблема колееобразования рассматривалась в выступлениях канд. техн. наук **А.Е. Мерзликина** (ФГУП «РосДорНИИ») «О прогнозировании колеи, обусловленной накоплением деформаций асфальтобетонного покрытия, по материалам нового метода расчета дорожных одежд в США»; д-ра техн. наук МАДИ **В.П. Подольского** совместно с аспирантом МАДИ **Нгуен Ван Лонгом** и канд. техн. наук **Нгуен Дык Ши** (Политехнический институт Данангского университета, Вьетнам) «Исследование деформативной устойчивости асфальтобетона при высокой температуре во Вьетнаме»; канд. техн. наук **С.Ф. Балашова** (СОЮЗДОРНИИ) «Противоколеинное усиление нижнего слоя покрытия при капитальном ремонте и реконструкции автомобильных дорог».

Большинство докладов вызвали оживленную дискуссию среди участников конференции.

В работе Ассоциации принимали участие около 100 представителей научных и производственных коллективов России и ближнего зарубежья (Украины, Белоруссии).

По результатам конференции редакционной коллегией под председательством заведующего кафедрой дорожно-строительных материалов **Николая Викторовича Быстрова** будет выпущен сборник научных статей, в который войдут материалы, подготовленные участниками Ассоциации исследователей асфальтобетона.

Д.Ю. Давлятова,
В.И. Кочнев, аспиранты,
Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)



С юбилеем **В.А. Золотарева** (слева) поздравляют ученые МАДИ: д-р техн. наук, проф. **В.И. Носов**; д-р техн. наук, проф. **В.В. Сильянов** (советник ректора по УМО), канд. техн. наук, проф. **Э.В. Котлярский**



С докладом выступает д-р техн. наук **Б.Г. Печеный** (Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова)



Присутствующие принимают активное участие в работе конференции

В.В. ЛЫННИК (borisenko2005@yandex.ru), инженер, Ю.Г. БОРИСЕНКО, О.А. БОРИСЕНКО, кандидаты техн. наук, Е.В. ГОРДИЕНКО, инженер, Северо-Кавказский федеральный университет (СКФУ) (Ставрополь)

Пути снижения битумоемкости битумоминеральных композиций с наполнителем на основе керамзита

Одним из актуальных направлений развития композиционных материалов на органических связующих является создание эффективных битумоминеральных композиций на природных и искусственных легких пористых наполнителях (вулканическая пемза, перлит, вспученный вермикулит, керамзит и т. д.) [1–4]. Однако известные легкие битумоминеральные композиции наряду с положительными качествами (высокая прочность и теплостойкость, низкий коэффициент температурного расширения, повышенная деформативность и демпфирующая способность, неплохие гидроизоляционные качества) имеют и серьезные недостатки, такие как повышенная битумоемкость смеси (обусловленная наличием большого количества открытых пор в пористом материале) и невысокая долговечность и коррозионная стойкость (связанные с избирательной фильтрацией легких компонентов вяжущего в пористый наполнитель с обеднением битума фракциями масел и отчасти смол).

При исследовании битумоминеральных смесей на основе керамзита авторами было показано, что снижения битумоемкости композиции возможно добиться

введением в состав наполнителя фракций недробленого керамзитового гравия [5]. Другим направлением решения этой задачи, по мнению авторов, может явиться использование битумного вяжущего, модифицированного остаточными продуктами нефтепереработки, например гудронами. Включение менее вязких компонентов гудрона в битумное вяжущее позволит обогатить его фракциями масел и смол и снизить негативное влияние избирательной фильтрации на изменение состава и структуры битума, будет способствовать замедлению интенсивности процессов старения битума в композиции. Кроме того, замена части дорогостоящего битумного вяжущего на фракции гудрона позволит снизить себестоимость легких битумоминеральных композиций.

Были приготовлены битумоминеральные композиции с мелкозернистым наполнителем на основе керамзита марки 600 зернового состава типа Б и песчаного – типа Г (составы №№ 1, 2 и 6, 7 соответственно). Результаты испытаний см. в табл. 1. В составах № 1 и 6 в качестве крупного наполнителя использовали недробленный керамзитовый гравий (фракции 20–5 мм и

Таблица 1

№ состава	Содержание гудрона, об. %	Содержание битума, об. %	Плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа			Водонасыщение, %	Коэффициенты водостойкости	
				R ₀	R ₂₀	R ₅₀		k _в	k _{вд}
Легкие битумоминеральные композиции мелкозернистого зернового состава типа Б									
1	1,0	9	1,61	6,7	3,7	1,32	3,6	0,94	0,92
2	1,5	9	1,61	4,9	2,9	1,2	2,5	0,96	0,93
3	0	10,5	1,51	10,3	5,9	2,47	3,6	0,92	0,9
4	1,0	9	1,61	6,9	3,8	1,43	3,6	0,93	0,91
5	1,5	9	1,61	6,7	3,4	1,32	2,8	0,97	0,95
Требования ГОСТ 9128–2009, тип Б, I–II марка, IV, V дорожно-климатические зоны		5–6,5	–	≤13	≥2,5	≥1,2	1,5–4	≥0,85	≥0,75
Легкие битумоминеральные композиции песчаного зернового состава типа Г									
6	1,4	9	1,72	6,2	4,1	1,4	3	0,95	0,93
7	2	9	1,72	5,65	3,7	1,35	3	0,95	0,94
8	0	11	1,68	10,4	6,45	3,15	2,85	0,91	0,9
9	2,4	8	1,72	6,1	3,6	1,3	2,9	0,94	0,92
10	3	8	1,72	4,9	3	1,35	3	0,95	0,93
Требования ГОСТ 9128–2009, тип Г, I–III марка, IV, V дорожно-климатические зоны		6–9	–	≤13	≥2,5	≥1,1	1,5–4	≥0,85	≥0,75

Таблица 2

Наименование показателя битума	Норма	Фактически
Глубина проникновения иглы, 0,1 мм при 25°C при 0°C, не менее	61–90 20	84 24
Температура размягчения по кольцу и шару, °C, не ниже	47	49
Растяжимость, см, не менее при 25°C при 0°C	55 3,5	77 3,6
Температура хрупкости, °C, не менее	-15	-19
Температура вспышки в открытом тигле, °C, не ниже	230	230
Наименование показателя гудрона		
Вязкость условная при 80°C с диаметром отверстия 5 мм, с	41–60	48
Температура вспышки в открытом тигле, °C, не ниже	200	237
Массовая доля воды	Следы	Следы
Плотность при 20°C, кг/м ³	980–1000	992
Температура размягчения по кольцу и шару, °C, не ниже	25	25

5–2,5 мм соответственно). Песчаные фракции представляли собой отсеvy дробленого керамзитового щебня фракции менее 0,16 мм – неактивированный минеральный порошок. Минеральная часть составов № 2 и 7 представляла собой отсеvy дробления керамзитового гравия фракций 20–0,16 и 5–0,16 мм соответственно, а фракции менее 0,16 мм – неактивированный минеральный порошок. В качестве вяжущего использовали битум БНД 60/90. В битумное вяжущее с целью снижения его расхода в смеси вводили фракции гудрона (свойства битума и остаточного гудрона приведены в табл. 2). Соотношения битума и гудрона для каждого состава были найдены оптимальные. Технология приготовления смесей предусматривала дозирование минерального материала, его нагрев до температуры 160°C и совмещение с битумным вяжущим, модифицированным фракциями гудрона. Результаты испытаний образцов битумо-минеральных композиций представлены в табл. 1.

Для сравнения испытывали образцы из горячих битумо-минеральных смесей зерновых составов типа Б и Г с наполнителем на основе отсеvов дробления керамзитового гравия марки 600 при оптимальном содержании битума БНД 60/90 (составы № 3 и 8 соответственно) (табл. 1), изготовленные по стандартной технологии.

В результате проведенных испытаний установлено, что модификация вяжущего гудроном снижает расход битума в мелкозернистых смесях на 14,3%, а в песчаных – на 18,2%. Кроме того, следует отметить снижение суммарного количества вяжущего (битум + гудрон) в композициях при замене фракций дробленого пористого наполнителя (керамзитового щебня) на фракции керамзитового гравия, что объясняется значительным меньшим количеством открытых пор у керамзитового гравия.

Наблюдается некоторое повышение плотности р композиций с вяжущим, модифицированным гудроном, что свидетельствует о более высокой степени избирательной фильтрации легких компонентов гудрона в микропоры пористого наполнителя и за счет этого бо-

лее эффективной и полной колыматации пор наполнителя этими компонентами. Такое модифицирование позволяет получить более устойчивую и стабильную структуру композиции. Кроме того, плотность композиций повышается с переходом от композиций с мелкозернистыми составами к песчаным, что обусловлено повышением плотности гранул пористого наполнителя с уменьшением размера зерна.

Прочность и теплостойкость битумо-минеральных композиций оценивали по пределам прочности при сжатии при 0, 20 и 50°C (R_0, R_{20} и R_{50}). Прочность и теплостойкость предложенных композиций несколько ниже, чем у композиций на стандартном битумном вяжущем, но удовлетворяет нормативным требованиям ГОСТ 9128–2009 для горячих асфальтобетонов соответствующих типов (табл. 1). Прочность и теплостойкость предложенных составов возрастают при замене части фракций дробленого керамзитового щебня на фракции керамзитового гравия. Водостойкость предложенных битумо-минеральных композиций, которую оценивали по показателям водонасыщения W и коэффициентам водостойкости k_v и при длительном водонасыщении $k_{вд}$, достаточно высокая и полностью удовлетворяет нормативным требованиям.

Дальнейшим развитием исследований, имеющих цель – снижение расхода битума при изготовлении битумо-минеральных композиций на пористых наполнителях, явилась разработка технологии приготовления таких композиций, заключающейся в следующем:

- первая стадия – объединение подогретого до стандартной температуры перемешивания керамзита ($160 \pm 5^\circ\text{C}$) с оптимальным количеством гудрона. В результате вследствие избирательной фильтрации произойдет колыматация микропор и капилляров пористого наполнителя фракциями нефтяных смол и остаточных масел гудрона;
- на второй стадии в смесь при перемешивании вводится разогретое отдозированное битумное вяжущее и минеральный порошок.

По предложенной двухстадийной технологии были приготовлены битумо-минеральные композиции с зерновыми составами типов Б и Г и минеральным наполнителем на основе керамзита (составы №№ 4, 5, 9, 10), аналогичные по своему минеральному составу композициям №№ 1, 2, 6, 7 соответственно. Для обработки пористого наполнителя использовали гудрон (табл. 2), а в качестве вяжущего – битум БНД 60/90. Количество гудрона и битума для каждого состава было подобрано оптимальное. Результаты испытаний образцов битумо-минеральных композиций из предложенных смесей представлены в табл. 1.

Согласно приведенным результатам испытаний применение двухстадийной технологии приготовления легких битумо-минеральных смесей с предварительной обработкой пористого наполнителя гудроном снижает расход битума в мелкозернистых смесях в той же мере, как и при приготовлении таких смесей в одну стадию, – на 14,3 об. %. Что касается песчаных смесей, то снижение расхода битума при использовании двухстадийной технологии гораздо выше – на 27,3%. Также следует отметить снижение суммарного количества вяжущего в композициях при замене фракций дробленого пористого наполнителя (керамзитового щебня) на фракции керамзитового гравия.

Выявлено, что особенности технологий приготовления предложенных составов битумо-минеральных композиций не влияют на их плотность. Плотность композиций, приготовленных по предложенной двухстадийной технологии, и плотность композиций с вяжущим, модифицированным гудроном, практически равны (табл. 1).

Прочность и теплостойкость композиций, приготовленных по двухстадийной технологии, ниже, чем у композиций на стандартном битумном вяжущем, но удовлетворяет требованиям ГОСТа. Следует отметить повышение прочности и теплостойкости мелкозернистых композиций, приготовленных по двухстадийной технологии, в сравнении с композициями на основе вяжущего, модифицированного гудроном (составы №№ 1, 2 и 4, 5, табл. 1). Также следует отметить высокую водостойкость битумоминеральных композиций, приготовленных по двухстадийной технологии.

Исходя из результатов проведенных экспериментальных исследований необходимо выделить следующее:

1. Выявлены направления снижения битумоемкости и себестоимости битумоминеральных композиций на легких пористых заполнителях:
 - модификация битумного вяжущего менее дорогостоящими остаточными продуктами нефтепереработки (остаточными гудронами);
 - применение двухстадийной технологии приготовления битумоминеральных смесей, сущность которой заключается в предварительной обработке пористого заполнителя гудроном и последующим объединением с битумом и минеральным порошком.
2. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено оптимальное содержание гудрона в битумоминеральных смесях различных зерновых составов, которое составляет 1–2 об. % при использовании стандартной технологии приготовления смесей и 1–3 об. % при применении двухстадийной технологии. Это позволяет сэкономить

14,3–18,2% битума при стандартной технологии приготовления битумоминеральных смесей на пористом заполнителе и 14,3–27,3% битума – при двухстадийной технологии.

Ключевые слова: битумоемкость, битумоминеральная композиция, гудрон, двухстадийная технология, керамзитовый гравий, дробленый керамзитовый щебень.

Список литературы

1. Рудь В.П. Строительные материалы из вулканических водосодержащих стекол // Строительные материалы. 1982. № 10. С. 18.
2. Гридчин А.М., Коротяев А.П., Ядыкина В.В., Кузнецов Д.А., Высоцкая М.А. Дорожные композиты на основе дисперсного вспученного перлита // Строительные материалы. № 5. 2009. С. 42–44.
3. Агейкин В. Н., Свинтицких Л.Е., Шабанова Т.Н., Ключев А.А. Исследования влияния вспученного вермикулитового песка на свойства битумных композиций и асфальтобетона // Строительные материалы. 2003. № 7. С. 40–42.
4. Борисенко Ю.Г., Борисенко О.А. Особенности структуры легких асфальтобетонов // Строительные материалы. 2007. № 10. С. 64–65.
5. Борисенко Ю.Г., Лынный В.В., Борисенко О.А. Повышение качества легких битумоминеральных композиций путем совершенствования подбора их минеральных составов // Строительные материалы. 2011. № 8. С. 54–55.

SibBuild

место проведения «Новосибирск Экспоцентр»

28–31
января
2014

10–13
февраля
2014

Международная строительная и интерьерная выставка

Неделя архитектуры и строительства



- Оконные технологии
- Строительные материалы и оборудование. Строительство
- Натуральный и искусственный камень
- Инструменты и крепеж
- 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



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



С.Ю. АНДРОНОВ, канд. техн. наук,
Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина (СГТУ)

Энергосберегающая и экологически безопасная технология холодного композиционного вибролитого регенерированного асфальта

Самым распространенным материалом для создания усовершенствованных дорожных покрытий является асфальтобетон. Проблема повторного использования старого асфальтобетона возникла с момента появления первых асфальтобетонных покрытий и в настоящее время становится все более актуальной. Это вызвано тем, что по окончании срока службы в покрытии сохраняется до 90% полезной массы асфальтобетона, пригодной для дальнейшего использования. Объем ежегодно снимаемого старого асфальтобетона в нашей стране исчисляется миллионами тонн и в ближайшее время будет расти в связи с большими объемами предстоящих ремонтных работ, которые требуют предварительного снятия слоя старого покрытия. Наиболее эффективным способом повторного использования старого асфальтобетона является регенерация.

В настоящее время регенерация осуществляется главным образом горячим способом, обладающим рядом существенных недостатков: повышенный расход энергии, загрязнение окружающей среды, необходимость специального оборудования и др. Альтернативой горячей регенерации является холодная, основанная, в частности, на применении битумных эмульсий. Недостаток способа, существенно удорожающий производство асфальта, — необходимость заблаговременного производства битумных эмульсий, приготовляемых с использованием дорогостоящих поверхностно-активных эмульгаторов и оборудования эмульсионных баз, нередко зарубежного производства.

В Саратовском государственном техническом университете разработана холодная технология производства регенерированного асфальта с дисперсным битумом, исключающая необходимость применения битумных эмульсий [1]. Проблемой данной технологии является длительное уплотнение смесей катками (легкими, средними, тяжелыми) по мере испарения воды, с увеличением уплотняющей нагрузки. В зависимости от погодных условий процесс уплотнения может продолжаться более суток, что вызывает большие организационные трудности и удорожание производства работ, так как катки длительное время простаивают в ожидании оптимальной влажности слоя.

Разработана и запатентована [2] эффективная холодная технология вибролитого регенерированного асфальта с дисперсным битумом, исключающая необходимость применения битумных эмульсий, позволяющая устраивать покрытия без применения катков. Первичное уплотнение выполняют вибрацией при распределении смеси в покрытие асфальтоукладчиком. Окончательное уплотнение осуществляется движением транспорта в ходе эксплуатации покрытия. Отличительной особенностью предложенного способа регенерации является образование в процессе перемешивания

в объеме асфальтовой смеси прямой медленно распадающейся битумной эмульсии на твердом эмульгаторе, роль которого могут выполнять обычно применяемые минеральные порошки. В результате получается асфальт на битумной эмульсии, без ее заблаговременного производства и применения.

Технология имеет ряд значимых достоинств: **энергосбережение**, так как отпадает необходимость высушивания и нагрева минеральных составляющих и старого асфальтобетона, а также длительного уплотнения укаткой; **ресурсосбережение** за счет исключения из технологической линии асфальтобетонного завода сушильного барабана, форсунки, топочного хозяйства, пылеуловительной установки, грохота, необходимости их обслуживания, снижения металлоемкости завода, а также за счет отсутствия необходимости применения катков и др.; **экологическая безопасность**, так как благодаря холодному и влажному приготовлению смесей исключается выброс в атмосферу пыли, канцерогенных углеводородов и др. Выполненные расчеты показали, что общий народнохозяйственный эффект, складывающийся из экономического, экологического и социального, применения холодного вибролитого регенерированного асфальта с добавкой 50% старого асфальтобетона составляет около 63% по сравнению с литыми асфальтами горячего приготовления.

Разрабатываемое под руководством проф. Н.А. Горнаева в СГТУ научное направление «Технология холодных органоминеральных материалов с дисперсными органическими вяжущими» и разработки его учеников позволили теоретически обосновать процессы структурообразования в холодном вибролите регенерированном асфальте с привлечением представлений физической химии с позиций термодинамики.

В процессе приготовления смеси, ее формирования в асфальт создаются и исчезают границы раздела фаз, что сопровождается изменением поверхностной энергии системы. Имеют место сложные физико-химические явления: смачивание зерен старого асфальтобетона и минеральных материалов водой, битумом, эмульгирование и стабилизация битума, формирование битумной пленки, адгезия битума и др. При этом решающее значение имеют поверхностная энергия составляющих материалов, состояние окружающей среды (температура и влажность воздуха, солнечная инсоляция, скорость ветра и др.), определяющие направление, скорость и пределы протекания процессов структурообразования. Холодная вибролитая регенерированная смесь с дисперсным битумом является системой открытого типа; процессы структурообразования необратимы, в соответствии со вторым началом термодинамики они происходят в направлении увеличения энтропии системы, уменьшения поверхностной

энергии системы. Равновесию системы отвечает минимум ее свободной поверхностной энергии:

$$F_{\text{пв}} = \sigma_{\text{тг}} S_{\text{тг}} + \sigma_{\text{тж}} S_{\text{тж}} + \sigma_{\text{жг}} S_{\text{жг}},$$

где $\sigma_{\text{тг}}$, $\sigma_{\text{тж}}$, $\sigma_{\text{жг}}$ — удельные свободные поверхностные энергии на границах раздела фаз (т — твердое тело; г — газ; ж — жидкость); $S_{\text{тг}}$, $S_{\text{тж}}$, $S_{\text{жг}}$ — площади соответствующих поверхностей раздела фаз.

Обязательной, незаменимой составляющей холодной вибролитой регенерированной асфальтовой смеси является вода, определяющая характер всех процессов структурообразования и участвующая в них. При смешивании составляющих асфальтовой смеси с водой кинетическое смачивание происходит натеканием объемного слоя воды под действием гравитации и рабочего органа мешалки. Холодная вибролитая регенерированная асфальтовая смесь имеет объемную гидрофобно-гидрофильную (дифильную) мозаичную структуру из гидрофильных частиц песка и минерального порошка и гидрофобных зерен старого асфальтобетона, что обусловливает различный характер смачивания водой твердых составляющих смеси. Поверхность абсолютно гидрофобного битума, покрывающего минеральные составляющие старого асфальтобетона, гладкая, нивелированная слоем битума, без пор. Поэтому при перемешивании под действием гравитации и механического воздействия рабочего органа мешалки легко происходит скатывание воды с гидрофобных поверхностей старого асфальтобетона и аккумуляция ее в минеральном порошке и части песка, образующих суспензию необходимого состава и консистенции, способной эмульгировать битум. Явление взаимодействия гидрофобной части смеси с водой способствует снижению минимально необходимого для диспергирования количества воды, времени смешивания составляющих и ускорению формирования структуры асфальта в покрытии.

Смачивание и растекание воды по поверхности гидрофильных песка и минерального порошка определяется, помимо энергетических потенциалов и кристаллохимических особенностей, состоянием их поверхности. Шероховатость, пористость, различные виды загрязнения поверхности создают энергетические барьеры, сопротивление смачиванию, особенно в динамических условиях, в процессе перемешивания. Это обуславливает проявление кинетического гистерезиса смачивания, вызываемого сопротивлением, действующим на единицу длины линии смачивания. На смачивание гидрофильных составляющих оказывает влияние толщина водной пленки на их поверхности. При толщине 10^{-5} – 10^{-6} см образуется слой с ориентированной структурой (по академику Б.В. Дерягину), поверхностная энергия которого ниже, чем у свободной воды, что ухудшает смачиваемость [3]. При наличии же пленки свободной воды смачивание резко улучшается.

Основополагающим фактором технологии холодного вибролитого регенерированного асфальта с дисперсным битумом является его эмульгирование. Степень дисперсности битума оказывает существенное влияние на скорость формирования битумной пленки, ее толщину, сплошность и конечные свойства асфальта. Нефтяные битумы обладают способностью к прядомости, о чем свидетельствует методика определения одного из главных показателей свойств битумов — растяжимости (дуктильности). Из нее следует, что прядомость битума зависит от скорости деформирования, характера среды, температуры системы, марочной вязкости битума. В реальных условиях приготовления холодных вибролитых регенерированных асфальтовых смесей диспергирование горячего битума (140 – 160°C) происходит в объеме увлажненной холодной ($\sim 20^\circ\text{C}$) смеси старого

асфальтобетона и минеральных материалов. В результате теплообмена диспергирование происходит в интервале значений температуры, когда битум находится в состоянии высоковязкой структурированной жидкости, способной к вытягиванию в нити. Очевидно, что степень прядомости, характеризуемая длиной нити до момента разрыва, зависит от относительного содержания и свойств составляющих материалов асфальтовой смеси, конструкции и режимов работы мешалки. Все эти факторы определяют предельное значение толщин и длин битумных нитей в момент их распада на глобулы.

Стабилизация битумных глобул частицами твердого эмульгатора осуществляется в результате прилипания битума через граничный ориентированный слой воды, что соответствует минимуму поверхностной энергии системы. Стабилизация осуществляется слоем эмульгатора в одну частицу. Непосредственный контакт невозможен в связи с проявлением избирательного смачивания в системе вода — твердое — битум и расклинивающего давления [3, 4].

Важнейшим процессом формирования структуры холодного вибролитого регенерированного асфальта является образование на твердых минеральных частицах сплошных битумных пленок из глобул диспергированного битума. Теоретически в холодной вибролитой регенерированной смеси по мере испарения из нее воды растекание битумных глобул может происходить в водной среде, по поверхности воды, по минеральной или битумированной поверхности старого асфальтобетона. Энергетический анализ указанных схем показал, что формирование сплошной битумной пленки в холодном вибролитом регенерированном асфальте за счет растекания битума по воде по мере высвобождения от нее пор. При этом кинетическое сопротивление равно нулю, так как растекается жидкость по жидкости. Смачивание твердых поверхностей происходит значительно медленнее. После испарения воды образуется бинарная система битум — твердое, обладающая меньшей суммарной поверхностной энергией.

Завершающей стадией формирования битумных пленок является адгезия битума к составляющим асфальтовой смеси. В холодной вибролитой регенерированной смеси характер адгезии битума и ее величина зависят от толщины водной пленки на поверхности минеральных составляющих и ее поверхностной энергии. При содержании в смеси свободной воды битум смачивается ею, что практически не влияет на вязкость системы. В процессе испарения воды до формирования на поверхности минеральных материалов граничного слоя ориентированной воды; энергия системы резко снижается за счет пониженной поверхностной энергии слоя ориентированной воды, вязкость системы возрастает за счет прорыва водной пленки и проявления непосредственного точечного контакта битума с твердым наполнителем в местах остроугольных неровностей под действием виброуплотнения. Непосредственный контакт битума с наполнителем происходит во времени в результате испарения воды за счет миграции поверхностно-активных составляющих битума к границе раздела и вытеснения воды. Происходит абсорбция битума в поры и микротрещины минеральных материалов. Система достигает максимальной прочности.

Заключительной технологической операцией устройства покрытия является уплотнение асфальтовой смеси, достижение максимальной плотности, определяющей все дорожно-эксплуатационные свойства покрытия. Наиболее благоприятный для уплотнения момент соответствует укладке смеси. Когда водные пленки имеют максимальную толщину, а битумные глобулы блокированы суспензией твердого эмульгатора и не проявля-

ют клеящего действия, смесь обладает высокой подвижностью. На этой стадии эффективным является уплотнение вибрацией, поскольку происходит значительное уменьшение сопротивления смеси деформированию при минимальных энергозатратах. Вибрационное воздействие вызывает тиксотропное снижение структурной вязкости смеси; под действием вибрации происходит более плотная упаковка. При заполнении пор смеси, вода, являясь практически несжимаемой, препятствует дальнейшему уплотнению, поэтому холодный вибролитой регенерированный асфальт обычно имеет остаточную пористость около 10–12%. Окончательная плотность холодного вибролитого регенерированного асфальта зависит от неизменяемой плотности старого асфальтобетона. При виброуплотнении холодной литой регенерированной смеси, в состав которой входит старый асфальтобетон, происходит компактное расположение минеральных зерен, более равномерное распределение пастовой ее части в объеме. Это практически полностью исключает дробимость слабых зерен старого асфальтобетона в ходе первичного уплотнения асфальтоукладчиком и доуплотнения в процессе эксплуатации под действием транспортной нагрузки.

Уплотнению способствуют особенности взаимодействия воды с гидрофобными и гидрофильными составляющими смеси. Вода, попадая между двумя абсолютно гидрофобными поверхностями старого асфальтобетона, благодаря лапласовскому давлению выполняет роль подшипников качения (по академику Я.И. Френкелю), препятствует их контакту, облегчая взаимное перемещение [5]. По мере испарения воды за счет песка и минерального порошка в смеси образуется большое количество заполненных водой тонких капилляров; возникающее при этом лапласовское давление, достигающее 1 атм при диаметре капилляра 1 мкм, способствует сближению минеральных зерен. Вода за счет капиллярных сил проявляет свойства, подобные связующим.

Экспериментальные исследования проводили главным образом на смесях с содержанием 50–60% фрезерованного старого асфальтобетона типа В; 10–20% известнякового или гранитного щебня и 10–20% полученных из них искусственных песков; 16–18% неактивированного известнякового минерального порошка марки МП-1 в пересчете на частицы мельче 0,071 мм; 6–8% нефтяного битума марки БНД 90/130; 6–9% воды. Содержание зерен щебеночной фракции в смесях составляло 40–50% (тип В) и 30–40% (тип В). Смеси готовились в двухвальной лабораторной мешалке, сконструированной по типу серийной выпускаемых мешалок для асфальтобетонных заводов.

Для исследования свойств асфальта на лабораторной виброплощадке приготавливали стандартные цилиндрические образцы диаметром 50,5 и 71,4 мм. Образцы уплотняли вибрированием под пригрузом при параметрах вибрационного процесса, соответствующих параметрам работы виброплиты асфальтоукладчика: удельное давление 0,03 МПа; частота колебаний 3000 об/мин; амплитуда 0,5 мм. Виброуплотнение образцов длилось 20 с, что соответствует скорости движения асфальтоукладчика 3 м/мин. Исследованиями установлено, что более длительное виброуплотнение нецелесообразно, так как дальнейшее увеличения плотности образцов практически не происходит из-за заполняющей все поры воды.

При подготовке к испытаниям образцы высушивали 12 ч при 100°C. Такая методика в определенной степени воспроизводит условия формирования асфальта в покрытии и позволяет получать образцы со свойствами, близкими к свойствам образцов, формировавшихся в естественных условиях. Образцы испытывали по методике, принятой для горячего асфальтобетона в соответствии с ГОСТ 12801–98.

Исследование динамики изменения свойств (плотности и прочности) асфальта осуществляли методом вдавливания конуса [6]. Достоинством метода является возможность испытания асфальта на образцах и в покрытии, высокая скорость проведения испытаний (менее 3 мин), простота конструкции и низкая стоимость прибора для определения глубины вдавливания конуса. Согласно этому методу, плотность и предел прочности асфальта находят по заранее установленной в лаборатории корреляционной связи с предельным сопротивлением вдавливанию, определяемым для конуса с углом при вершине 30° из выражения:

$$P = 0,959 \cdot F/h^2,$$

где P – предельное сопротивление вдавливанию конуса, Па; F – нагрузка на конус, Н; h – глубина погружения конуса в асфальт, м.

Степень дисперсности битума в смеси оценивали по среднему диаметру глобул и определяли на биологическом микроскопе с применением расчетного метода дисперсионного анализа. Диспергирование битума в холодной вибролитой регенерированной смеси происходит через вытягивание битума в нити длиной до 30 мм с последующим распадом на глобулы средним диаметром до 80 мкм. Установлено, что для обеспечения достаточной степени дисперсности битума и свойств холодного вибролитого регенерированного асфальта в составе смеси должно содержаться 16–18% минеральных частиц мельче 0,071 (что далее принято как минеральный порошок), 6–8% вязкого нефтяного битума. Влажность смеси должна составлять 7 и 9% при содержании минерального порошка 16 и 18% соответственно. Максимальное содержание старого асфальтобетона не должно превышать 80%, что необходимо для введения в смесь достаточного количества минерального порошка и образования прямой битумной эмульсии, обеспечивающей необходимую подвижность, удобоукладываемость, технологичность. В смесях с известняковым щебнем и искусственным песком степень дисперсности битума на 7–12% выше, чем со щебнем гранитных пород, и повышается с уменьшением вязкости битума и содержания зерен щебеночной фракции.

Установлено, что свойства образцов холодного вибролитого регенерированного асфальта практически соответствуют (в интервале $\pm 5\%$) свойствам асфальтовых образцов того же состава уплотнявшихся прессованием по методике ГОСТ 12801–98. Для количественного описания процесса уплотнения холодной вибролитой регенерированной смеси применяли метод математического планирования эксперимента. За параметры оптимизации был принят коэффициент уплотнения K_y (отношение плотности холодного вибролитого регенерированного асфальта к плотности горячего асфальта того же состава). В результате обработки экспериментальных данных выбраны следующие факторы с учетом их значимости: X_1 – влажность смеси (6–12%); X_2 – содержание минерального порошка (16–20%); X_3 – вязкость битума (100–260 дмм). С помощью компьютерной программы STATISTICA 6.0 был смоделирован трехфакторный эксперимент, рассчитаны коэффициенты регрессии, получено полиномиальное и графическое описание (рис. 1, 2) влияния исследуемых факторов на коэффициент уплотнения.

$$K_y = 2,537532 + 0,161945 X_1 - 0,268754 X_2 + 0,000125 X_3 - 0,008997 X_1^2 + 0,007743 X_2^2.$$

Из анализа коэффициентов полинома факторы по степени влияния на коэффициент уплотнения можно

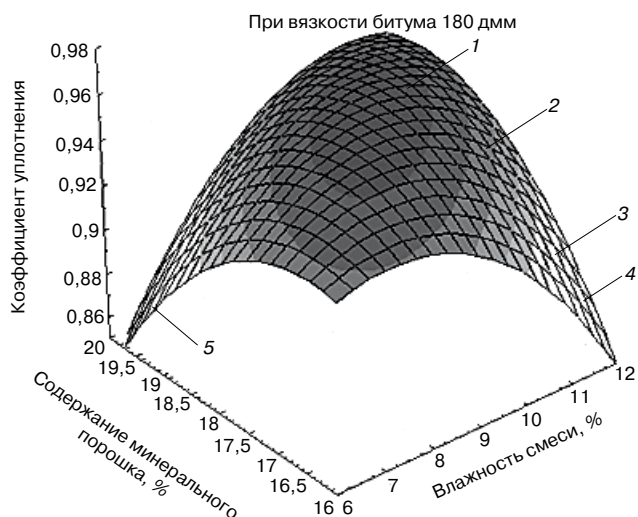


Рис. 1. Зависимость коэффициента уплотнения от содержания минерального порошка и влажности смеси: 1 – 0,95; 2 – 0,92; 3 – 0,9; 4 – 0,88; 5 – 0,86

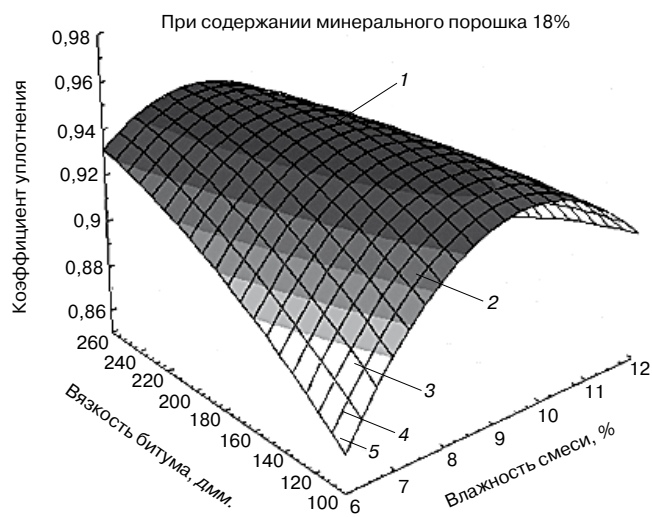


Рис. 2. Зависимость коэффициента уплотнения от влажности смеси и вязкости битума: 1 – 0,95; 2 – 0,93; 3 – 0,9; 4 – 0,88; 5 – 0,86

расположить в ряд: содержание минерального порошка, влажность смеси, вязкость битума. Коэффициент уплотнения достигает 0,95 при оптимальной влажности смеси 9% и содержании минерального порошка 18% (рис. 1). С уменьшением вязкости битума коэффициент уплотнения увеличивается (рис. 2).

По основным показателям холодные вибролитые регенерированные асфальты удовлетворяют требованиям к II марке горячего плотного асфальтобетона по ГОСТ 9128–2009 для II–V дорожно-климатических зон (ДКЗ). В табл. 1 приведены физико-механические свойства вибролитого регенерированного асфальта. Водонасыщение соответствует пористым асфальтобетонам, приближаясь к верхнему пределу показателя для горяче-

го плотного асфальтобетона. Остаточная пористость на 1,5–4% больше водонасыщения, что объясняется закрытой тонкопористой структурой асфальта.

Разработан и запатентован [2] способ холодной регенерации асфальта с добавлением цемента. Замена части минерального порошка портландцементом способствует улучшению дорожно-технических свойств холодного вибролитого регенерированного асфальта и ускорению его структурообразования. В среднем на 30% увеличиваются предельное сопротивление вдавлению конуса и предел прочности при сжатии (при 20 и 50°C) окончательно сформировавшегося асфальта. Водостойкость достигает 1, а при длительном водонасыщении – 1,2.

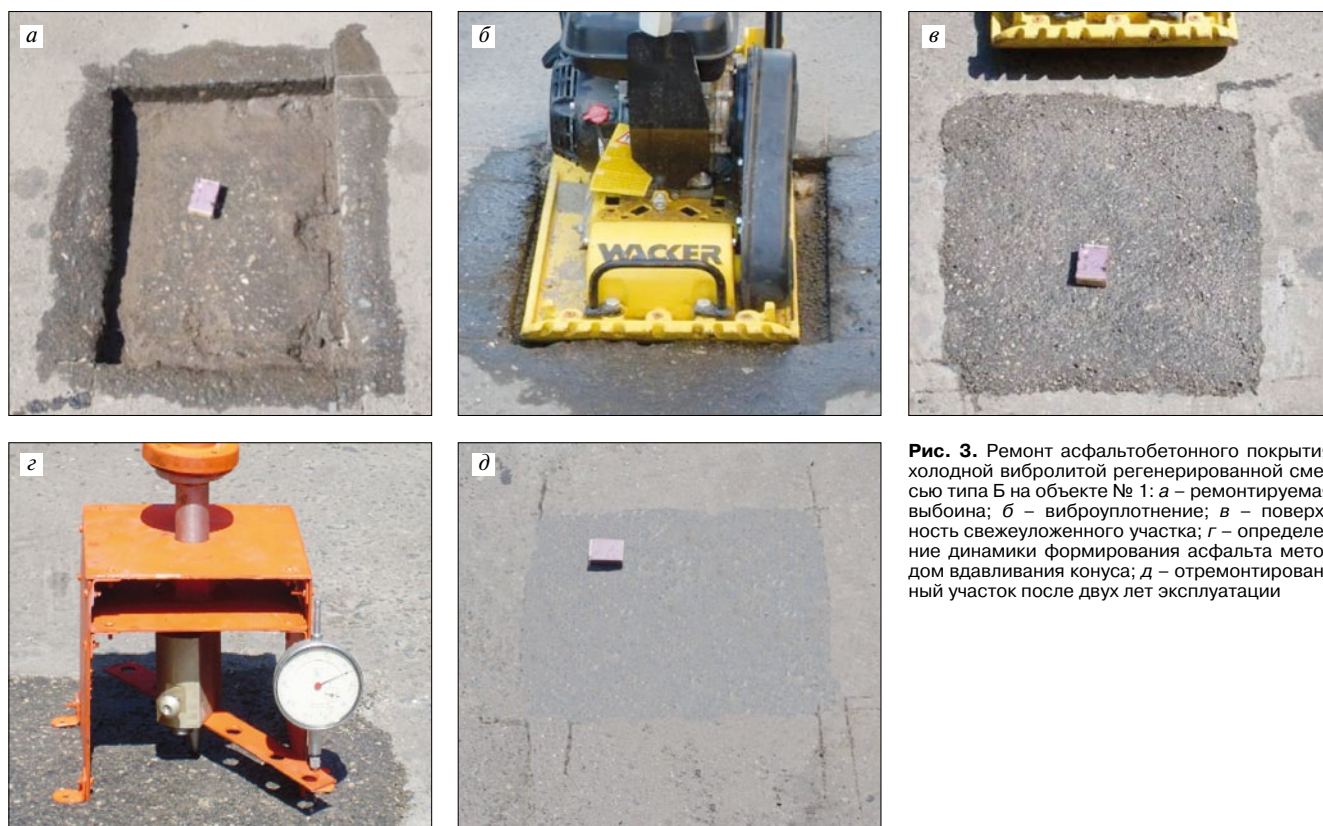


Рис. 3. Ремонт асфальтобетонного покрытия холодной вибролитой регенерированной смесью типа Б на объекте № 1: а – ремонтируемая выбоина; б – виброуплотнение; в – поверхность свежеложенного участка; г – определение динамики формирования асфальта методом вдавливания конуса; д – отремонтированный участок после двух лет эксплуатации

Таблица 1

Тип асфальта	Объемная масса, г/см ³	Водонасыщение, об. %	Остаточная пористость, %	Набухание, об. %	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре, °С		Водо-стойкость	Водостойкость при длительном водонасыщении	Предельное сопротивление вдавлению конуса при 20°С, МПа
					20	50			
Асфальт с известняковой минеральной частью									
Б	2,17	8,8	11,3	0	2,5	1,3	0,91	0,86	1,84
В	2,15	9,8	12	0	2,5	1,3	0,93	0,88	1,82
Асфальт с гранитной минеральной частью									
Б	2,19	8,4	10,6	0,01	2,4	1,3	0,9	0,8	1,58
В	2,18	9,5	11	0,03	2,2	1,2	0,89	0,75	1,29

Разработан и запатентован [2] способ холодной регенерации с применением комплексных дисперсных органических вяжущих, исключая необходимость их заблаговременного приготовления горячим способом. Два варианта органических вяжущих с рабочими значениями температуры раздельно вводят в увлажненные составляющие асфальтовой смеси, перемешивают. В объеме асфальтовой смеси получают медленнораспадающиеся битумные эмульсии обоих органических вяжущих, стабилизированные минеральным порошком.

Исследования динамики формирования холодного вибролитого регенерированного асфальта на образцах и в покрытии по показателям предельного сопротивления вдавлению конуса и предела прочности показали, что в сравнении с асфальтом на вяжущем из нефтяного битума применение вяжущего из нефтяного битума с добавлением каменноугольного дегтя Д-3 (20% массы вяжущего) и из нефтяного битума с добавлением жидкой сланцевой смолы С-2 (5% массы вяжущего) ускоряет структурообразование в 1,4 и 1,25 раза соответственно. Прочностные свойства асфальта на дегтебитумном вяжущем и на вяжущем с добавлением сланцевой смолы отвечают требованиям к горячему плотному асфальтобетону II марки для I–III ДКЗ, водостойкость и водо-стойкость при длительном водонасыщении отвечают требованиям к I марке для II–V ДКЗ.

Предложен способ устройства защитных слоев дорожных покрытий термообработкой поверхности свежеложенных холодных органоминеральных смесей с дисперсными органическими вяжущими. Разработана и запатентована установка для термической обработки дорожных покрытий [7]. Устройство защитных слоев позволяет открывать движение транспорта сразу после завершения работ, расширить строительный сезон, устраивать покрытия из холодных органоминеральных смесей с дисперсными органическими вяжущими во второй ДКЗ. Установлена высокая эффективность термообработки открытым пламенем газовой горелки. С повышением температуры в верхнем слое асфальта происходит быстрое формирование сплошных битумных пленок. Чтобы исключить выгорание битума, температура в защитном слое асфальта (на вязком битуме) не должна превышать 180°С. Выгоранию вяжущего препятствует интенсивное испарение воды. Методом вдавливания конуса в лабораторных условиях на образцах и в покрытии установлено, что защитный слой имеет те же значения предельного сопротивления вдавлению конуса, предела прочности при сжатии и плотность, что и окончательно сформировавшийся асфальт того же состава [8].

Исследования процесса термической обработки, выполненные в лабораторных условиях на образцах с применением метода математического планирования эксперимента, показали, что получению большей толщины защитного слоя способствует главным образом повы-

шение тепловой нагрузки, величина которой определяется из выражения:

$$T = P_{\text{гор}} \cdot t_{\text{обр}} / S_{\text{пов}},$$

где: T – тепловая нагрузка, кВт·с/см²; $P_{\text{гор}}$ – мощность горелки, кВт; $S_{\text{пов}}$ – площадь прогреваемой поверхности, см²; $t_{\text{обр}}$ – время термообработки, с.

При максимальной тепловой нагрузке 2,4 кВт·с/см² (во избежание перегрева верхнего слоя асфальта свыше 180°С) толщина защитного слоя из холодного вибролитого регенерированного асфальта составляет около 15 мм [8].

В июне 2009 г. был осуществлен ямочный ремонт асфальтобетонных покрытий Саратова холодными вибролитыми регенерированными смесями на вязком нефтяном битуме (объекты № 1, 4, 5) с составленными органическими вяжущими из нефтяного битума и сланцевой смолы (объект № 2) и добавлением портландцемента взамен части минерального порошка (объект № 3). Составы смесей приведены в табл. 2.

Для приготовления смесей использовали старый фрезерованный асфальтобетон с максимальным размером зерен 20 мм; щебень известняковый марки М800 фракции 5–10 мм; высевки известняковые с модулем крупности 3,18; неактивированный известняковый минеральный порошок марки МП-1; дорожный портландцемент марки М500; битум нефтяной марки БНД 90/130; сланцевую смолу марки С-2. Свойства полученных асфальтов приведены в табл. 3.

Для ремонта использовали ямы и выбоины, оставшиеся после взятия вырубков на проезжей части автомобильных дорог. Для улучшения сцепления старого слоя покрытия с холодной вибролитой регенерированной смесью проводили очистку ям и выбоин от пыли и грязи; края и дно смачивали водой (рис. 3, а). Подгрунтовку ремонтных карт битумом не производили.

Таблица 2

№ объекта	Тип смеси	Содержание щебеной фракции	Состав смеси, мас. %								Количество вяжущего, %, от общего его количества	
			Старый асфальтобетон	Щебень	Искусственный песок	Минеральный порошок	Вода	Портландцемент	Общее количество органического вяжущего, % по массе	БНД 90/130	Сланц. смола С-2	
												Количество вяжущего, %
1	Б	44	50	10	22	18	9	–	7	100	–	
2	В	36	40	20	22	18	9	–	8	95	5	
3	Б	44	50	10	21	10	9	9	7	100	–	
4	Б	44	50	10	22	18	9	–	7	100	–	
5	В	36	40	20	22	18	9	–	8	100	–	

Таблица 3

№ объекта	Объемная масса, г/см ³	Водонасыщение, об. %	Набухание, об. %	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре, °С		Водостойкость	Водостойкость при длительном водонасыщении
				20	50		
1	2,17	9	0,01	2,5	1,3	0,91	0,85
2	2,15	9,8	0,01	2,3	1,2	0,93	0,88
3	2,17	8,9	0	2,9	1,8	1	1,19
4	2,17	8,8	0	2,5	1,3	0,91	0,86
5	2,15	9,8	0,01	2,4	1,3	0,93	0,88

Смеси распределяли и уплотняли послойно. Распределение смесей осуществляли с помощью совка. Их уплотнение на объектах № 2, 3 и 5, где размер ремонтных карт составлял в среднем 0,25×0,35 м, производили вручную металлической трамбовкой массой 5 кг. Для уплотнения смесей на объектах № 1 и 4, где размер ремонтных карт составлял в среднем 0,7×0,5 м, применяли виброплиту VP 1135A с удельным давлением 0,032 кг/см² (рис. 3, б). Уплотнение продолжали до появления на поверхности слоя воды. Толщина уложенного слоя асфальта в среднем составляла 4 см. Поверхность свежеложенных участков (рис. 3, в) выравнивали гладилкой. Для контроля ровности получаемого покрытия применяли деревянную рейку. На отремонтированных участках с помощью метода вдавливания конуса определяли динамику формирования асфальта (рис. 3, з).

На объектах № 1, 2, 3 движение транспорта открывали сразу после завершения работ. На каждом из этих объектов интенсивность движения транспорта составляла до 3 тыс. авт./сут.

Опыт ямочного ремонта холодными вибролитыми регенерированными смесями показал, что на автомобильных дорогах с интенсивностью движения 3–7 тыс. авт./сут необходимо выдерживание отремонтированных участков перед открытием движения не менее 2 ч. Это делается во избежание образования мелких раковин на поверхности отремонтированных участков из-за вырывания отдельных агрегатов несформировавшейся смеси при движении грузовых автомобилей.

Для открытия движения сразу после завершения работ на объектах № 4 и 5 с интенсивностью движения 3–7 тыс. авт./сут выполняли термообработку поверхности свежеложенного покрытия. Для термообработки применяли газовую эжекционную горелку ГВП-246 мощностью 1 кВт, подключенную шлангом через газовый счетчик и регулятор давления к баллону со сжиженным пропаном. На объекте № 4 при прогреве каждой точки свежеложенного покрытия в течение 60 с сформировался защитный слой толщиной 1,2 см. На объекте № 5 при прогреве каждой точки свежеложенного покрытия в течение 80 с сформировался защитный слой толщиной 1,4 см. При этом удельный расход газа составил 0,1 и 0,12 м³/м² соответственно, что в среднем на 50% меньше в сравнении с наиболее часто применяемыми в настоящее время инфракрасными асфальтогревателями [9]. Движение транспорта открывали после остывания отремонтированных участков до температуры окружающего воздуха через 20 мин. Установлено, что во избежание вырывания отдельных агрегатов защитного слоя при интенсивности движения 3–7 тыс. авт./сут его толщина должна составлять не менее 1,2 см.

Все отремонтированные объекты в течение трех лет находятся в хорошем состоянии, признаков разрушения не обнаружено (рис. 3, д). В пределах отремонтированных участков обеспечивается необходимая ровность.

Содержащаяся в смеси пластичная пастовая часть (вода, минеральный порошок и дисперсный битум) способствует формированию монолитного шва сопряжения со старым асфальтобетоном и нижним слоем покрытия, поэтому не требуется предварительной обработки битумом дна и стенок ремонтных карт. Учитывая простоту инструментов для укладки и несложную технологию, все работы могут выполняться одним человеком. Это позволяет осуществлять профилактический ремонт дефектов покрытия в начале их образования, что обычно не делается горячими асфальтобетонными смесями. Участки, отремонтированные холодным вибролитым регенерированным асфальтом, практически не отличаются по цвету от основной площади покрытия, что способствует эстетическому восприятию поверхности покрытия и позволяет рекомендовать данный материал для косметического ремонта асфальтовых покрытий на автомобильных дорогах, тротуарах, парковых дорожках, набережных, местах отдыха и др.

Выводы

Разработана эффективная холодная технология производства и применения вибролитого регенерированного асфальта с дисперсным битумом, исключая необходимость применения битумных эмульсий и позволяющая устраивать покрытия без применения катков. Технология обладает рядом социально значимых достоинств: энергосбережение, ресурсосбережение, экологическая безопасность и др. Общий народнохозяйственный эффект применения холодного вибролитого регенерированного асфальта с добавлением 50% старого асфальтобетона составляет около 63% по сравнению с литыми асфальтами горячего приготовления.

Ключевые слова: вибролитой асфальт, композит, холодная регенерация асфальта, экология, энергосбережение, ресурсосбережение.

Список литературы

1. Горнаев Н.А., Никишин В.Е. Технология холодной регенерации асфальтобетона // Наука и техника в дорожной отрасли. 2005. № 3. С. 43–44.
2. Пат. 2351703 РФ / Способ приготовления холодной органоминеральной смеси для дорожных покрытий / Н.А. Горнаев, В.Е. Никишин, С.М. Евтеева, С.Ю. Андронов, А.С. Пыжов. Заявл. 15.02.08. Опубл. 10.04.09. Бюл. № 10. 10 с.
3. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. М.: Наука, 1979. 384 с.
4. Дерягин Б.В., Щербаков А.М. О влиянии поверхностных сил на фазовые равновесия полимолекулярных слоев и краевой угол смачивания // Коллоидный журнал. 1961. № 1. С. 65–69.
5. Гегузин Я.А. М.: Наука, 1973. 160 с.
6. Ребиндер П.А., Семенов Н.А. О методе погружения конуса для характеристики структурно-механических свойств пластично-вязких тел // ДАН СССР. 1949. Т. 64. С. 6.
7. Пат. 92025 РФ / Установка для термической обработки дорожных покрытий / Н.А. Горнаев, С.Ю. Андронов, А.С. Пыжов, С.М. Евтеева. Заявл. 16.11.09. Опубл. 10.03.10. Бюл. № 7. 3 с.
8. Андронов С.Ю. Устройство защитных слоев дорожных покрытий термообработкой // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. Томск. 2010. № 3 (28). С. 252–260.
9. Сюньи Г.К., Усманов К.Х., Файнберг Э.С. Регенерированный дорожный асфальтобетон. М.: Транспорт, 1984. 118 с.

II международная
специализированная выставка

Керамика

29 октября – 1 ноября 2013 года

МВЦ «Крокус Экспо»

www.keramikaexpo.ru

Экспозиции:

- Строительная керамика
- Техническая керамика
- Художественная керамика
- Оборудование для изготовления керамики
- Сырьевые материалы

Телефон: +7 (495) 983-0671, +7 (916) 970-2191

E-mail: tolstikova@crocus-off.ru, zagorulko@crocus-off.ru

Л.И. ХУДЯКОВА, канд. техн. наук, О.В. ВОЙЛОШНИКОВ, канд. техн. наук, И.Ю. КОТОВА, канд. хим. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский институт природопользования СО РАН (г. Улан-Удэ, Республика Бурятия)

Минеральный порошок из природного сырья Республики Бурятия*

Одним из основных видов строительных материалов является асфальтобетон. От его качества зависит состояние автомобильных дорог, влияющее на безопасность движения транспорта.

Асфальтобетон состоит из четырех основных составляющих – битума, крупного и мелкого заполнителя и минерального порошка, который является важнейшим структурообразующим компонентом. Его вид и качество во многом определяют эксплуатационные характеристики асфальтобетонов и влияют на характеристики и долговечность дорожного покрытия.

Традиционно в качестве минерального порошка используют порошки из карбонатных горных пород: известняка, кальцита, доломита. Однако в большинстве регионов России наблюдается дефицит этих материалов. Поэтому нередко дорожные организации готовят асфальтобетон с уменьшенной долей минерального порошка или используют некачественный порошок, что сказывается на свойствах асфальтобетонов.

Между тем развитие современной науки позволяет расширить сырьевую базу дорожных строительных материалов за счет местных сырьевых ресурсов и отходов промышленности.

Карбонатные горные породы обладают высоким положительным потенциалом и большим количеством адсорбционных центров в виде катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . При их взаимодействии с битумом образуются прочные связи, крепко удерживающие битумные пленки на поверхности частиц порошка. Изменяя толщину битумных слоев и свойства поверхности зерен минерального порошка, можно регулировать физико-механические свойства асфальтобетона.

Магнийсиликатные горные породы содержат большое количество данных катионов, а также катионов железа, поэтому можно предположить, что они обладают высокой сорбционной активностью и могут использоваться в качестве минерального порошка.

Одним из видов магнийсиликатного сырья Республики Бурятия являются троктолиты. Они слагают многие массивы, входящие в состав ультрамафит-мафитовых комплексов, но практически нигде не используются, находясь в отвалах. Поэтому одним из перспективных направлений их использования является применение в качестве минерального порошка при производстве асфальтобетона. Для исследований использовали троктолиты Йоко-Довыренского массива [1], входящего в состав Северо-Байкальской рудной зоны, следующего химического состава, мас. %: SiO_2 – 40,6; Al_2O_3 – 12; Fe_2O_3 – 1,11; FeO – 9,15; CaO – 5,57; MgO – 28,6; Na_2O+K_2O – 0,61.

Для перевода в порошкообразное состояние троктолиты измельчали в стержневом вибрационном измельчителе в течение 5 мин. Полученный порошок исследовали по ГОСТ Р 52129–2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей.

Технические условия». Зерновой состав порошка из троктолита представлен в табл. 1.

Как видно из представленных данных, минеральный порошок из троктолита по зерновому составу соответствует требованиям ГОСТа и может применяться в качестве минерального порошка при производстве асфальтобетона.

Известно, что основная функция минерального порошка заключается в переводе битума из объемного состояния в пленочное. При адсорбции битума на поверхности минеральных зерен происходит его структурирование. При увеличении структурированного битума в асфальтобетонной смеси улучшаются ее физико-механические свойства. В связи с этим была изучена адсорбционная активность минерального порошка из троктолита, которую определяли фотоколориметрическим методом по количеству адсорбированного битума на его поверхности из 0,1% раствора битума в бензоле. В качестве сравнения использовали традиционный минеральный порошок из карбонатной породы – известняка. Продолжительность испытаний составляла 5–90 мин. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Данные табл. 2 свидетельствуют, что адсорбционная активность минерального порошка из троктолита практически не отличается от известняка. Однако для него характерна повышенная адсорбционная активность в первые 5 мин взаимодействия с битумом, при этом сорбируется 57% битума. При увеличении времени адсорбции с 5 до 90 мин дополнительно сорбируется еще 1,5%. Для минерального порошка из известняка эти цифры составляют 53,5 и 4,5% соответственно, что говорит о более продолжительном протекании процесса адсорбции.

Методом рентгенофазового анализа зафиксированы изменения, происходящие в минеральном порошке до и после адсорбции (рисунок).

Таблица 1

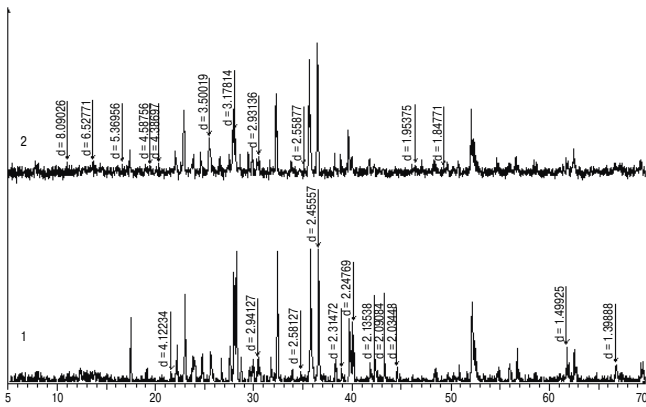
Размер сит, мм	Частные остатки, %	Полные остатки, %	Полные проходы, %	Требования ГОСТ Р 52129–2003
1,25	0	0	100	He < 95
0,315	6,4	6,4	93,6	От 80 до 95
0,16	5,4	11,8	88,2	–
0,071	6	17,8	82,2	He < 60
<	82,2	100	0	–

Таблица 2

Наименование минерального порошка	Адсорбционная активность, мг/г, в зависимости от времени адсорбции, мин							
	5	10	15	30	45	60	75	90
Троктолит	5,7	5,7	5,75	5,75	5,75	5,85	5,85	5,85
Известняк	5,35	5,35	5,45	5,6	5,75	5,75	5,8	5,8

* Работа выполняется по программе ОХНМ РАН № 5.5.2 «Получение новых видов материалов с высокими эксплуатационными характеристиками из отходов горнодобывающей промышленности».

Таблица 3



Рентгенограммы минерального порошка из троктолита: 1 – до адсорбции битума; 2 – после адсорбции

На рентгенограмме минерального порошка из троктолита после адсорбции битума исчезают пики, принадлежащие минералам троктолита – форстериту (4,12), оливину (2,58; 2,09), актинолиту (2,03); меняется интенсивность рефлексов оливина (3,5; 2,31), форстерита (2,94; 2,24), фаялита (2,45), актинолита (1,39), парасеполиита (3,17), лабрадора (2,13; 1,49). Отмечено появление новых пиков (8,09; 6,52; 5,37; 4,58; 4,38; 2,55; 1,95; 1,84). Изменения на рентгенограммах минерального порошка свидетельствуют об адсорбции битума на его поверхности.

Проанализировав полученные данные установили, что минеральный порошок из троктолита обладает высокой адсорбционной активностью. Адсорбируя битум на своей поверхности, он переводит его из объемного состояния в пленочное. При этом повышается вязкость и прочность битума. Минеральный порошок вместе с битумом образует асфальтовязущее вещество, которое сцепляет минеральные зерна заполнителей и оказывает влияние на свойства асфальтобетона.

Наименование	Показатели	Требования ГОСТ Р 52129–2003
Истинная плотность, г/см ³	3,24	–
Пористость, %	31,2	He > 40
Набухание образцов из смеси порошка с битумом	0	He > 3
Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом	0,3	He > 0,7
Влажность, % по массе	2,1	He > 2,5

Были определены физико-механические показатели минерального порошка, которые представлены в табл. 3.

Отмечено, что порошки из троктолита имеют высокую водостойкость. Набухания образцов из смеси порошка с битумом не происходит. По физико-химическим показателям минеральный порошок из троктолита отвечает требованиям ГОСТ Р 52129–2003 и может применяться в производстве асфальтобетона.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что троктолиты Йоко-Довыренского массива можно использовать в качестве минерального порошка при производстве асфальтобетонов. Использование местного сырья позволит расширить минерально-сырьевую базу для дорожного строительства и получить новые виды материалов высокого качества.

Ключевые слова: минеральный порошок, асфальтобетон, адсорбционная активность.

Литература

1. Кислов Е.В. Йоко-Довыренский расслоенный массив. Улан-Удэ: Издательство БНЦ СО РАН, 1998. 265 с.

МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

НА РАСТВОРОБЕТОННЫХ УЗЛАХ И СТРОЙПЛОЩАДКАХ



Реклама

АЛЬТЕРНАТИВА СУХИМ СТРОИТЕЛЬНЫМ СМЕСЯМ

ЕТС

Группа компаний «Единая Торговая Система»

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

«ХИМИЯ» - наша,
«МИНЕРАЛКА» - ваша.

Реальная экономия до
3 000 рублей
на тонну готовой продукции.

УДК 691.215.1:622.782.4

А.Н. МАМАЕВ, технический директор, Г.Д. ЛИТВИНОВА, главный специалист отдела промышленных печей ОАО «Липецкстальпроект»; С.А. СКОКОВ, заместитель генерального директора ООО «Старооскольский комбинат строительных материалов» (Белгородская обл.)

Совершенствование конструкции шахтной газовой печи для обжига известняка фирмы *Terruzzi Fercalx SPA*

В 2007 г. на Старооскольском комбинате строительных материалов для получения извести было принято решение построить печь фирмы *Terruzzi Fercalx SPA* производительностью 200 т извести в сутки (рис. 1).

Шахтная печь *Terruzzi Fercalx SPA* состоит из вертикальной прямой футерованной шахты прямоугольного поперечного сечения, скипового загрузочного устройства, двухклапанного механизма загрузки, выгрузного устройства, двух теплообменных аппаратов для подогрева воздуха, идущего на сжигание топлива в печи, трех вентиляторов для подачи под давлением воздуха в печь, двух дымососов и двух рукавных фильтров, служащих для очистки печных отходящих газов и запыленного воздуха перед удалением в атмосферу.

В шахтной печи при помощи расположенных в зоне обжига пяти балочных горелок сжигается природный газ. В зоне обжига балочные горелки расположены в два яруса: в конце зоны обжига две горелки и на 2–2,5 м выше – еще три.



Рис. 1. Общий вид печи на Старооскольском комбинате строительных материалов

Аналогичные печи были построены на ОАО Угловский известковый комбинат (Новгородская область) в 2008 г. и на ЗАО «Известь Сысерти» (Свердловская область) в 2007 г.

Опыт эксплуатации показал, что заявленные проектные показатели печи достичь затруднительно. Конструкция печи не исключает сегрегацию материала, кроме того, балочная система отопления препятствует равномерному сходу шихты, вследствие чего приходится производить выгрузку извести из печи по сечению шахты с разной скоростью. Отмечался неравномерный обжиг извести в печи, из-за чего приходилось постоянно регулировать расход газа по длине балок с целью предотвращения подвисаний шихты, что не позволяет добиться стабильной работы. При попытках повысить качество извести начинался процесс сварообразования. При образовании сваров балочные горелки создают препятствие для их схода, в результате чего происходит подвисание шихты и нарушение режимов работы.

В классических газовых шахтных печах обычно возникает ряд проблем. Одной из проблем является организация оптимальной схемы теплообмена в зоне обжига. Второй проблемой является необходимость равномерного распределения топлива или газа-теплоносителя по горизонтальному сечению печи. Находящиеся в эксплуатации шахтные печи цилиндрической формы имеют внутренний диаметр в зоне обжига 2,4–6,2 м. Как показывают исследования, при периферийном подводе газа к таким печам не удастся достичь его качественного перемешивания с воздухом в нужном соотношении, что приводит к перепаду температуры по сечению печи до 400–500°C, перерасходу топлива и снижению качества получаемой извести.

Для получения качественной извести с высокой реакционной способностью при участии ОАО «Липецкстальпроект» разработана технология, основанная на двухуровневом введении природного газа с применением газораспределительного керна, дополнительным центральным подводом воздуха в зону охлаждения и центральным газоотводящим устройством.

Впервые эта технология была опробована на печи обжига известняка Николаевского глиноземного завода в 1999 г. и показала хорошие результаты.

В настоящее время по проектам ОАО «Липецкстальпроект» построен ряд печей с применением газораспределительного керна:

- ОАО «Николаевский глиноземный завод» (Украина), три печи по 200 т извести в сут;
- АПО «Узметкомбинат» (Узбекистан), одна печь 100 т извести в сут;
- ОАО «Северский трубный завод» (Свердловская обл.), две печи по 70–100 т извести в сут;
- ОАО «Ижсталь», одна печь 70–90 т в сут.

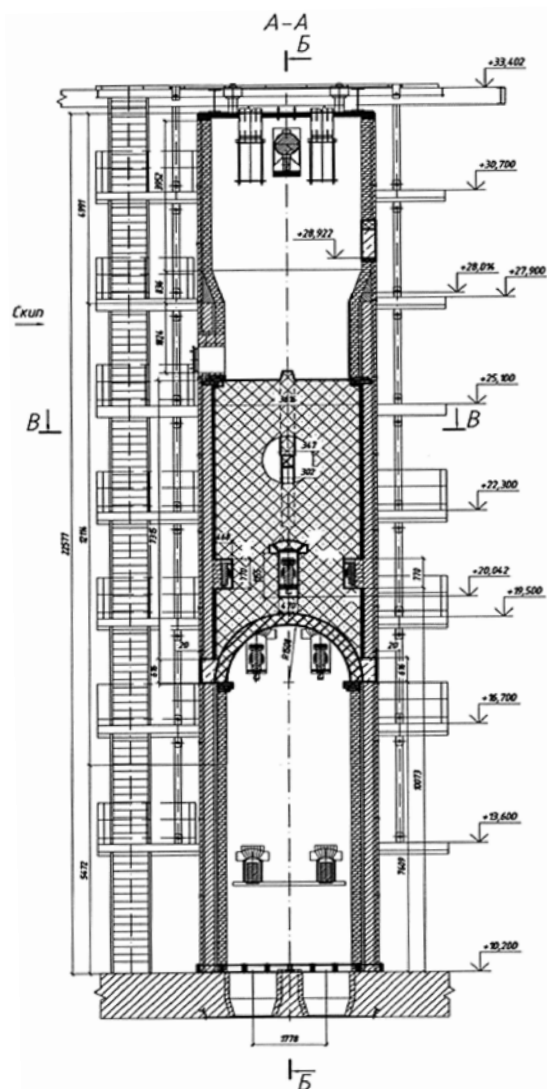


Рис. 2. Керн печи

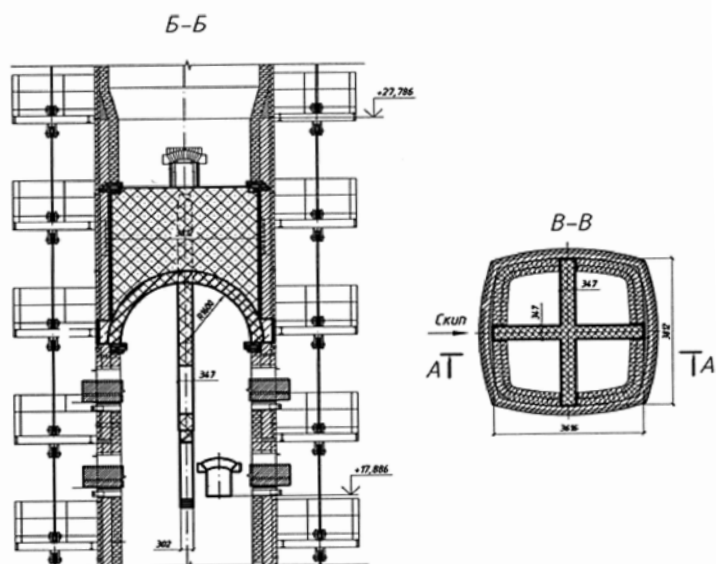


Рис. 3. Керн выполнен из огнеупорного кирпича на кладочном растворе СВС-мергель

В июле 2008 г. на Старооскольском комбинате стройматериалов печь была усовершенствована путем установки в ней пассивного (без подвода тепла) крестообразного керамического газораспределительного керна. Это решение было продиктовано анализом опыта работы аналогичных печей.

Установка крестообразного керамического керна позволила:

- исключить или свести к минимуму возможность сводообразования («козления» печи);
- интенсифицировать газовый обмен в противоточной части печи;
- исключить центр печи из процесса обжига, тем самым сведя к минимуму недожог;
- разделить поток известняка на четыре части, исключив или минимизировав явление сегрегации;
- выровнять температурное поле по сечению печи, добившись разницы температуры не более 40–50°C;
- снизить температуру отходящих газов на колошнике до 150–200°C.

ОАО «Липецкстальпроект» разработало рабочую документацию установки керна. Керн имеет крестообразную форму, его оси совпадают с осями печи. Он опирается на арочные основания, которые в свою очередь опираются на стены печи.

Стенки керна входят в стенки печи и имеют зазор для свободного перемещения из-за разницы температурных условий.

Основания стенок керна выполнены на разных уровнях в зоне обжига (рис. 2):

- одна стенка выше нижнего уровня балочных горелок;
- вторая стенка выше верхнего уровня балочных горелок.

Высота стенок керна соответственно имеет разные высоты – 2,5 и 6 м. Масса керна составляет 50 т.

Керн выполнен из огнеупорного кирпича марки ПХСУТ («Магнезит», г. Сатка Свердловской обл.). Кладочный раствор СВС-мергель марки КР-ХП-1 разработан компанией «Мавр» (г. Жуковский Московской обл.) (рис. 3).

В 2009 г. строительство печи было завершено, печь запущена и начала давать продукцию – известь высокого качества активностью ≥90%; время гашения 2–5 мин, остаточное содержание CO₂ 5–6%; производительность печи достигала проектной – 200 т извести в сутки при расходе природного газа 135–140 кг усл. топлива на тонну продукции.

Таким образом, технические решения, заложенные в реконструкцию, привели к требуемому результату.

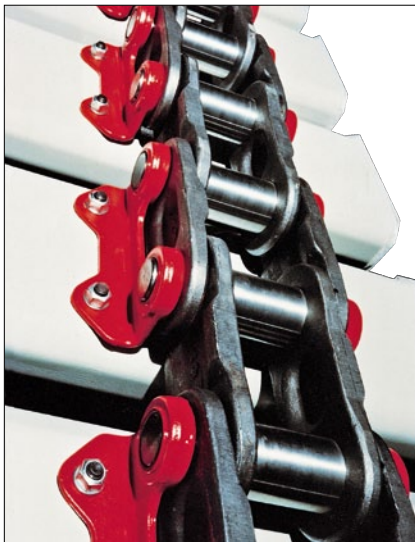


Рис. 1. Ковшовый элеватор с центральной цепью типа BWZ

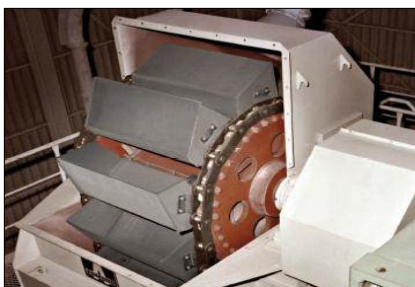


Рис. 2. Ковшовый элеватор с двумя цепями типа BWL

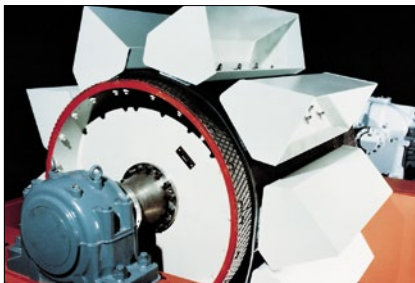


Рис. 3. Ленточный ковшовый элеватор типа BWG



Рис. 4. Транспортеры горячего и абразивного материала

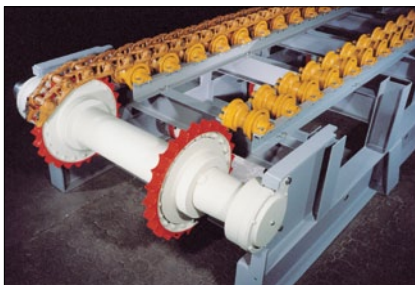


Рис. 5. Тяжелые пластинчатые питатели

AUMUND

Транспортировка и складирование сыпучих грузов

Компания AUMUND является одной из ведущих в мире по решениям в области транспортировки и складирования сыпучих материалов. В группу AUMUND входят три подразделения **AUMUND – Fördertechnik GmbH, SCHADE Lagertechnik GmbH и SAMSON Material Handling Ltd.**

На протяжении 90 лет специалистами компании AUMUND разрабатывается и производится оборудование для горнодобывающей промышленности, металлургии, производства минудобрений, цементной промышленности, энергетики и портов:

- транспортеры для горячего и абразивного материалов;
- ковшовые элеваторы;
- тяжелые пластинчатые питатели;
- цепные скребковые транспортеры;
- силосоразгрузчики;
- системы разгрузки вагонов (вагонопрокидыватели, толкатели, вытягивающие питатели);
- кратцер-краны и штабелеукладчики;
- передвижные приемные питатели.

Более 14 тыс. машин группы AUMUND установлено в 120 странах мира. Из них более 700 машин поставлено на предприятия России и стран СНГ.

Ковшовые элеваторы

Ковшовый элеватор Aumund с центральной цепью типа BWZ.

Отличительными признаками ковшового элеватора Aumund типа **BWZ** являются центральная ковванная цепь и маленький шаг ковшей, обеспечивающий их плотное расположение относительно друг друга. Основные характеристики ковшовых элеваторов Aumund с центральной цепью:

- производительность более 900 м³/ч (при сдвоенном исполнении до 2000 м³/ч);
- высота подъема до 90 м.

Ковшовый элеватор Aumund с двумя цепями типа BWL

Для транспортировки с низкими скоростями (0,4–1 м/с) и транспортировки крупнокускового материала (свыше 100 мм), а также в тех случаях, когда требуется особенно щадящее обращение с материалом с целью сохранения формы гранул, компанией Aumund предлагается элеватор с двумя цепями типа BWL.

Ленточный ковшовый элеватор типа BWG

Отличительными признаками ленточных ковшовых элеваторов Aumund являются большая высота подъема и высокая производительность. Элеваторы сконструированы для непрерывной эксплуатации при минимуме технического обслуживания.

Основные характеристики ленточных ковшовых элеваторов Aumund:

- высота транспортировки до 175 м;
- производительность свыше 1850 м³/ч;
- температура поднимаемого материала до 130°C.

Транспортеры горячего и абразивного материала

Пластинчатые транспортеры Aumund разработаны в соответствии с требованиями повышения эффективности процесса и обеспечения производительности всей технологической системы. Угол наклона составляет 0–60°, максимальная высота транспортировки более 75 м, производительность более 1000 т/ч, температура материала до 1100°C.

Тяжелые пластинчатые питатели

Рельефные пластинчатые транспортеры BPB-S/SF устанавливаются в основном на приеме материала с автотранспорта и вагонов. В зависимости от толщи-

ны пластин используются соответствующие цепи, выдерживающие нагрузку на разрыв до 2×3600 кН. Благодаря возможности подбора соответствующих пластин и цепей можно создавать транспортеры с шириной пластин до 3500 мм. Герметичность транспортера обеспечивается за счет абсолютно точной подгонки пластин, рифленной поверхности и изогнутых боковых стенок, а также за счет того, что пластины полностью перекрывают друг друга. Их производительность составляет 15000 т/ч.

Цепные панцирные транспортеры тип РКФ

Транспортер представляет собой компактную машину, исключаящую просыпь. Применяется в основном при разгрузке материалов из бункеров автомобильного и железнодорожного транспорта, а также при транспортировке налипающих материалов, как, например, фильтр-кека. Различное количество ветвей цепи позволяет выбрать ширину транспортера в соответствии с шириной выходного отверстия в бункере. Благодаря комбинации нескольких цепей со скребками ширина транспортера может достигать от 600 до 2600 мм. Конструкция транспортера имеет малую высоту, что является преимуществом при планировании сооружений. Производительность 2000 т/ч, или 2300 м³/ч.

Цепные скребковые транспортеры

Цепные скребковые транспортеры Aumund типа ТКФ применяются для транспортировки всех видов порошкообразных, крупно- и мелкозернистых сыпучих, абразивных материалов и липкого сырья.

Они применяются в основном в двух случаях:

- для транспортировки материала, включая контролируемую / дозированную разгрузку;
- для разгрузки материала из силосов, бункеров или фильтров при помощи разгрузочного стола.

Выбор поперечного сечения корпуса транспортера с однорядной или двухрядной цепью зависит от условий применения транспортера ТКФ.

Преимуществами этого устройства являются:

- герметичный транспортный путь с уменьшенным пылеобразованием;
- возможность промежуточной разгрузки с помощью электромеханических шиберов;
- наличие износостойких модификаций, которые можно подобрать в соответствии с характеристиками транспортируемого материала;
- износостойкие цепи с длительным сроком службы;
- производительность до 700 т/ч;
- длина до 70 м;
- оптимальная газонепроницаемая конструкция.

Силосоразгрузчики

Беспроблемная разгрузка труднотекучих и липких сыпучих материалов из силосов осуществляется при помощи силосоразгрузчиков Centrex. При помощи разгрузочного захвата сыпучий материал транспортируется в радиальном направлении от стенок силоса через разгрузочное отверстие, расположенное в его центре. Разгрузочный захват проходит под стенкой силоса, подсекая весь столб материала, в результате чего исключается возможность как налипания материала на стенки, так и образование «мертвых зон». Благодаря этому достигается равномерное опускание всего объема материала силоса, что исключает его расслаивание и сводообразование.



Рис. 6. Цепные панцирные транспортеры типа РКФ



Рис. 7. Цепные скребковые транспортеры типа ТКФ



Рис. 8. Силосоразгрузчики Centrex

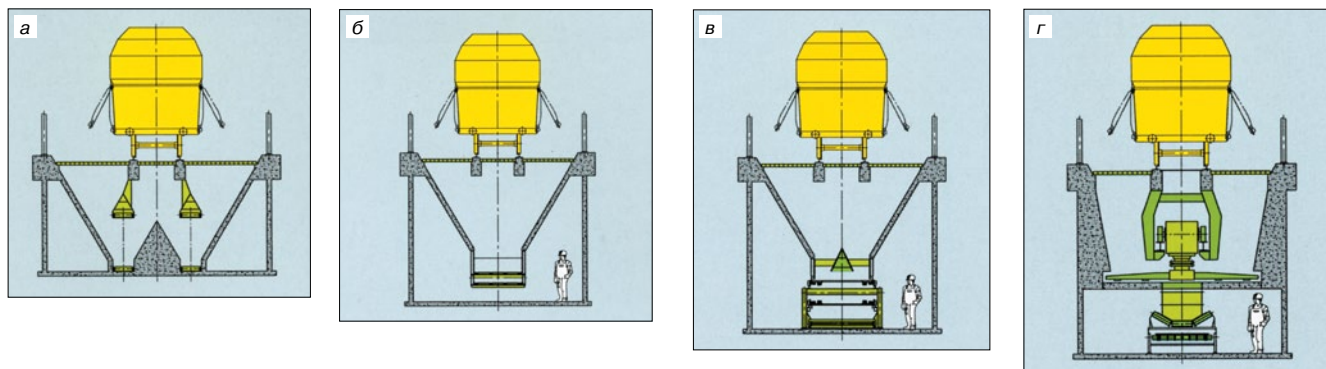


Рис. 9. Системы разгрузки вагонов: а – цепной панцирный конвейер ТКФ, который характеризуется малой высотой и плотным присоединением к бункеру; б – мощный ячеичковый транспортер типа КЗВ-С, используемый для транспортировки различных сыпучих материалов; в – устройство для разгрузки бункера типа ВЕW потребляет малое количество энергии, применяемое для разгрузки силосов и длинных бункеров прямоугольной формы; г – специальная конструкция цепного скребкового транспортера ТКФ, допускающая установку в относительно неглубоком принимающем бункере



Рис. 10. Отвалообразователь



Рис. 11. Вагонопрокидыватель



Рис. 12. Передвижные загрузочные устройства SAMSON



Рис. 13. Установка Stormajor объединяет в себе преимущества питателя SAMSON с отвалообразователем радиального действия



Рис. 14. Передвижной погрузчик судов

Системы разгрузки вагонов

Поведение материалов при разгрузке зависит от гранулометрического состава, распределения фракций и его влажности, которая может быть обусловлена многими факторами, в том числе и временем года.

В соответствии с выбранным разгрузочным устройством строится вагоно-разгрузочный комплекс той или иной конструкции.

Кратцер-краны и штабелеукладчики

Складское оборудование компании **SCHADE Lagertechnik GmbH**, входящей в промышленную группу **AUMUND**, применяется во всех основных отраслях промышленности для работы с широким спектром сыпучих материалов.

В производственную линейку входят:

- продольные буферные и усреднительные склады (штабелеукладчики; опрокидывающие тележки; реклаймеры мостового типа, порталного и полупортального типов, боковые скребковые; комбинированные штабелеукладчики/реклаймеры; круговые буферные и усреднительные склады; штабелеукладчики/реклаймеры мостового типа, бокового типа, полупортального типа, порталного типа;

- комплексные системы транспортировки и хранения материалов.

Конструкция отвалообразователей и складских систем фирмы **SCHADE** в точности соответствует складуемым и гомогенизируемым материалам, будь то абразивные, высоковлажные или в случае открытых складов смерзшиеся.

Вагонопрокидыватели и комплексные системы разгрузки вагонов

Компания **SCHADE** предлагает весь комплекс оборудования и инженеринговых разработок по системам разгрузки железнодорожных вагонов. В зависимости от необходимой производительности, типов разгружаемых вагонов, принимаемого материала и особенностей строительной площадки могут применяться разные виды специальной техники: вагонопрокидыватели роторные, С-образной рамой, плечевые; позиционеры вагонов; трансбордеры.

Передвижные приемные питатели

Передвижные загрузочные устройства компании **SAMSON Material Handling**, также входящей в состав **AUMUND Group**, применяются для работы с различными сыпучими грузами во всех отраслях промышленности.

Поверхностный питатель **SAMSON** представляет собой передвижной передаточный транспортер, принимающий практически любой насыпной груз непосредственно с самосвала, фронтального погрузчика или грейферного крана без устройства какого-либо бункера. Питатель **SAMSON** осуществляет кратковременное промежуточное хранение принятого материала и его регулируемую подачу на последующие компоненты технологической цепочки. Питатель устанавливается наземным способом и представляет собой гибкую альтернативу традиционным приямкам и бункерам.

Установка **Stormajor** объединяет в себе преимущества питателя **SAMSON** с отвалообразователем радиального действия. Оба устройства смонтированы на общей ходовой части и образуют единый передвижной узел. Таким образом, при минимальном количестве машин без рампы и разгрузочных каналов могут быть созданы большие складские отвалы.

Сконструированный для интенсивного использования в портах и терминалах передвижной **погрузчик судов** мощностью более 2000 т/ч является практичным решением для различных производственных задач. С помощью интегрированного в погрузчик питателя **SAMSON** прием и подача материала происходят непосредственно с самосвалов.

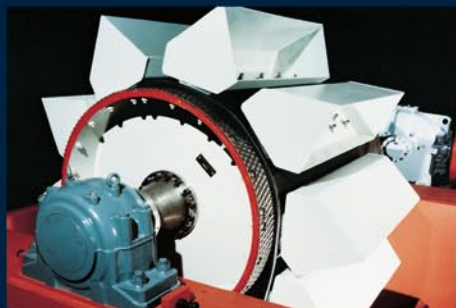
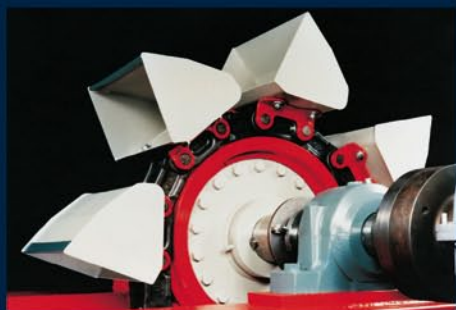
Одной из наиболее важных сторон эффективной работы с заводами на постсоветском пространстве является коммуникация. В каждом из основных отделов, вовлеченных в работу с клиентами в нашем головном офисе в г. Рейнберге, работают русскоязычные сотрудники. Начиная с отдела сбыта, конструкторского отдела, бухгалтерии и заканчивая логистикой и отделом монтажа, компания **Aumund** располагает высококвалифицированным персоналом, знающим русский язык и имеющим опыт работы на рынке стран бывшего СССР. Работа напрямую из г. Рейнберга сокращает количество звеньев передачи информации и дает преимущество молниеносной реакции. Те заводы, которые уже стали заказчиками компании, знают, насколько быстро специалисты **Aumund** откликаются на любые их вопросы и пожелания.

Также важной составляющей успеха **Aumund** на рынках стран СНГ и Балтии является оперативность выездов к заказчику вне зависимости от места его расположения. С октября 2008 г. работает московское представительство в Русско-немецком доме на ул. М. Пироговской, д. 5. Представительство осуществляет координационную деятельность по проектам на территории бывшего СССР.



Эффективность на высоте

Ковшовые элеваторы AUMUND



Для подъема на большие и малые высоты: от лишь 10 до почти 140 метров

Производительность от 5 до 1500 т/час

С кованной центральной цепью или армированной резино-тросовой лентой

Транспортировка известняка, сырьевой муки, клинкера, гипса, шлака, угля, пуццолана, золы-уноса и т.д.



AUMUND Foerdertechnik GmbH • Saalhoffer Str. 17 • 47495 Rheinberg • Germany

Контакт на русском языке Tel: 8 10 49 / 2843 72180, 72183 · Информация о продуктах группы Aumund на русском языке на www.aumund.com

УДК 621.927

А.Н. СМЕРНОВ, директор по продажам в странах СНГ, ООО «ЛЕШЕ» (Москва)

Технология помола LOESCHE



В последнее время все больше внимания уделяется рациональному использованию природных ресурсов, энергосбережению, автоматизации и оптимизации производственных процессов. В то же время рынок СНГ в целом стал более восприимчив к высокотехнологичным продуктам и решениям, отвечающим этим требованиям.

Компания Loesche, центральный офис которой располагается в г. Дюссельдорфе (Германия), на протяжении всей своей истории стояла на пике научно-технического прогресса, разрабатывая и внедряя по всему миру самые современные решения.

Со дня своего основания в 1906 г. компания имеет узкую специализацию и сосредоточена на разработке и производстве вертикальных валковых мельниц для тонкого помола (рис. 1). Применительно к минеральному сырью это помол таких материалов, как негашеная известь, известняк, доломит, мрамор, барит, бентонит, фосфаты, апатиты и др.

Важнейшими конструктивными особенностями мельниц Loesche являются:

- встроенный в верхнюю часть корпуса мельницы сепаратор, что позволяет осуществлять в пределах установки помол, сушку и классификацию молотого сырья;
- независимая для каждого валка система крепления рычага валка с гидropневматическим приводом, которая обеспечивает регулируемое давление помола и удобное техобслуживание мельницы путем вывода валка из помольной камеры;
- отсутствие касания помольных элементов друг о друга в помольной камере, что позволяет существенно снизить износ всех помольных элементов и внутренних элементов конструкции;
- формы валков и форма помольного стола, которые обеспечивают оптимальный помол материала в слое.

На рис. 2 представлено схематическое изображение мельницы Loesche.

Мельница работает в комплексе с конвейерной техникой, генератором горячих газов, рукавным фильтром и другим оборудованием. На рис. 3 представлена типичная технологическая схема помольного отделения.

Помольная установка Loesche обеспечивает:

- выпуск продукта в диапазоне 1% R25 до 1% R300 с переходом с одного продукта на другой в течение нескольких минут;
- прием сырья с влажностью до 25–30%;
- производительность 8–10 т/ч.

Важной особенностью мельниц Loesche для помола минерального сырья является наличие в линейке компактных мельниц стандартных типоразмеров, которые имеют меньшие сроки поставки, чем установки больших типоразмеров. Они поставляются в частично собранном виде, монтаж корпуса мельницы на площадке занимает две недели.

На рис. 4. представлена линейка компактных мельниц с указанием установленной мощности привода.

С 2009 г., когда состоялось открытие московского представительства Loesche, стало активно развиваться сотрудничество на рынке СНГ с компаниями – производителями минеральной муки различного назначения, строительных материалов, удобрений.

За последние годы помольные установки с компактными мельницами поставлены на производства компаний: для помола мрамора на ОМУА Урал, г. Магнитогорск; для помола извести на ОАО «Руда», п. Жирнов Ростовской обл., ООО «Сибирский строитель», г. Искитим Новосибирской обл., в г. Бровары, Украина; для помола барита на ТОО «Жайремский ГОК» (п. Жайрем, Казахстан); для помола известняка и извести на одной установке на предприятии «Будинвест» г. Тернополь, Украина.

Всего в мире поставлено более 300 мельниц Loesche для помола промышленных минералов. Опыт международных компаний, использующих мельницы Loesche, показывает, что это высокотехнологичное и вместе с тем крайне надежное, удобное и простое в эксплуатации и обслуживании оборудование.



Рис. 1. Вертикальная валковая мельница Loesche

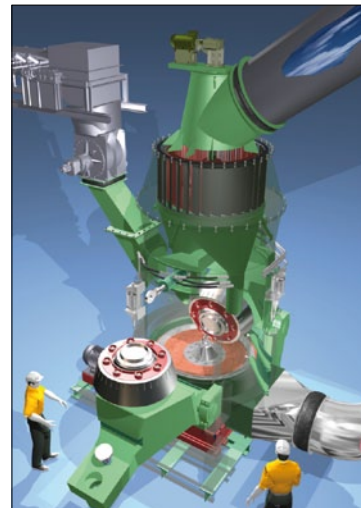


Рис. 2. Схематическое изображение мельницы Loesche

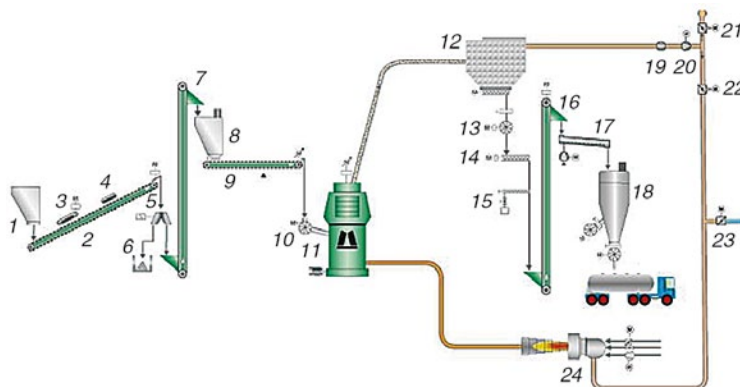


Рис. 3. Технологическая схема помольного отделения: 1 – загрузочный бункер; 2 – ленточный транспортер; 3 – магнитный сепаратор; 4 – металлодетектор; 5 – двухходовая течка; 6 – бункер для отходов; 7 – ковшовый элеватор; 8 – предварительный бункер; 9 – конвейерные весы; 10 – лопастной затвор; 11 – мельница Loesche; 12 – фильтр с разгрузочным шнеком; 13 – лопастной затвор для выгрузки готового продукта; 14 – шнековый транспортер; 15 – пробоотборник; 16 – ковшовый элеватор; 17 – аэрозелоб; 18 – силос готового продукта; 19 – измеритель объема потока воздуха; 20 – вентилятор; 21 – заслонка трубы отходящих газов; 22 – рециркуляционная заслонка; 23 – заслонка для приточного воздуха; 24 – генератор горячего газа; 25 – лопастной затвор и модуль отгрузки навалом

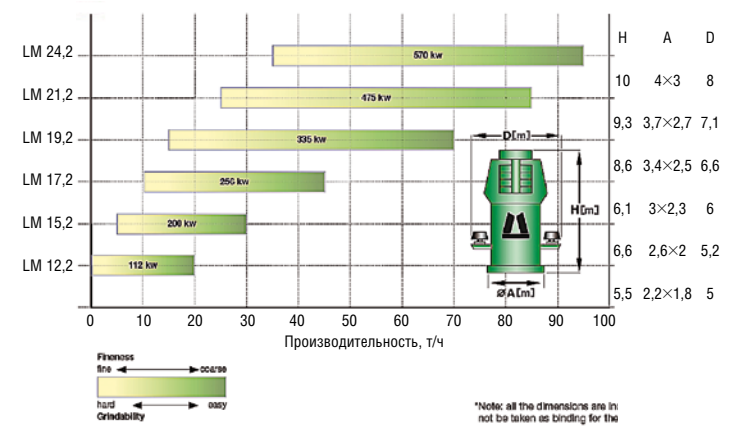


Рис. 4. Производительность в зависимости от типоразмера

**ВОТ УЖЕ БОЛЕЕ 100 ЛЕТ САМЫЕ ТРЕБОВАТЕЛЬНЫЕ
ЗАКАЗЧИКИ ПРИЗНАЮТ ТЕХНОЛОГИИ LOESCHE
ИННОВАЦИОННЫМИ. И, С ТЕХНИЧЕСКОЙ
ТОЧКИ ЗРЕНИЯ, ОНИ
АБСОЛЮТНО
ПРАВЫ.**



Для получения дополнительной информации обращайтесь по телефону +7 495 988 50 81 или посетите наш сайт www.loesche.com



Оборудование компании Gebr. Pfeiffer для известковой промышленности

Gebr. Pfeiffer SE является частной средней немецкой компанией, которая была основана в 1864 г.

В г. Кайзерслаутерне базируется головной офис компании Gebr. Pfeiffer SE, испытательная лаборатория, проектное бюро и производственные цеха, включая цех литья. Подразделения компании в США и Индии, так же как представительства в Китае и Объединенных Арабских Эмиратах, дополняются обширной сетью коммерческих представительств по всему миру.

С момента создания компания внесла огромный вклад в развитие технологического оборудования, разрабатывая специализированное оборудование для помола, сушки, сепарации, гидратации и обжига. Поставка оборудования для цементной, гипсовой, керамической промышленности и производства извести ведется по всему миру.

Gebr. Pfeiffer SE производит большой ассортимент оборудования, включая вертикальные мельницы MPS, сепараторы SLV и SUV/SUT производительностью до 100 т/ч, сушильные машины TRT до 200 т/ч, гидраторы извести KLV производительностью до 60 т/ч, а также шаровые мельницы с мощностью привода до 1000 кВт.

Вертикальные валковые мельницы MPS

MPS вертикальные валковые мельницы используются для помола негашеной извести при производстве молотой гашеной из-

вести и для совместного помола-сушки известняка в производстве известковой муки. Тонина помола может устанавливаться в широких пределах. Известковая крупа может выводиться из помольного процесса для производства известковых песков.

Высокоэффективный сепаратор типа SLV и распределительный воздушный сортировочный стол типа SUV/SUT

Сепараторы используются для обеспыливания молотого известкового песка и производства известковых наполнителей, молотой гашеной извести и гашеной извести.

Высокоэффективные сепараторы используются для особо тонкой сепарации и производства продуктов с высокой тониной.

Тройная сушильная машина тип TRT

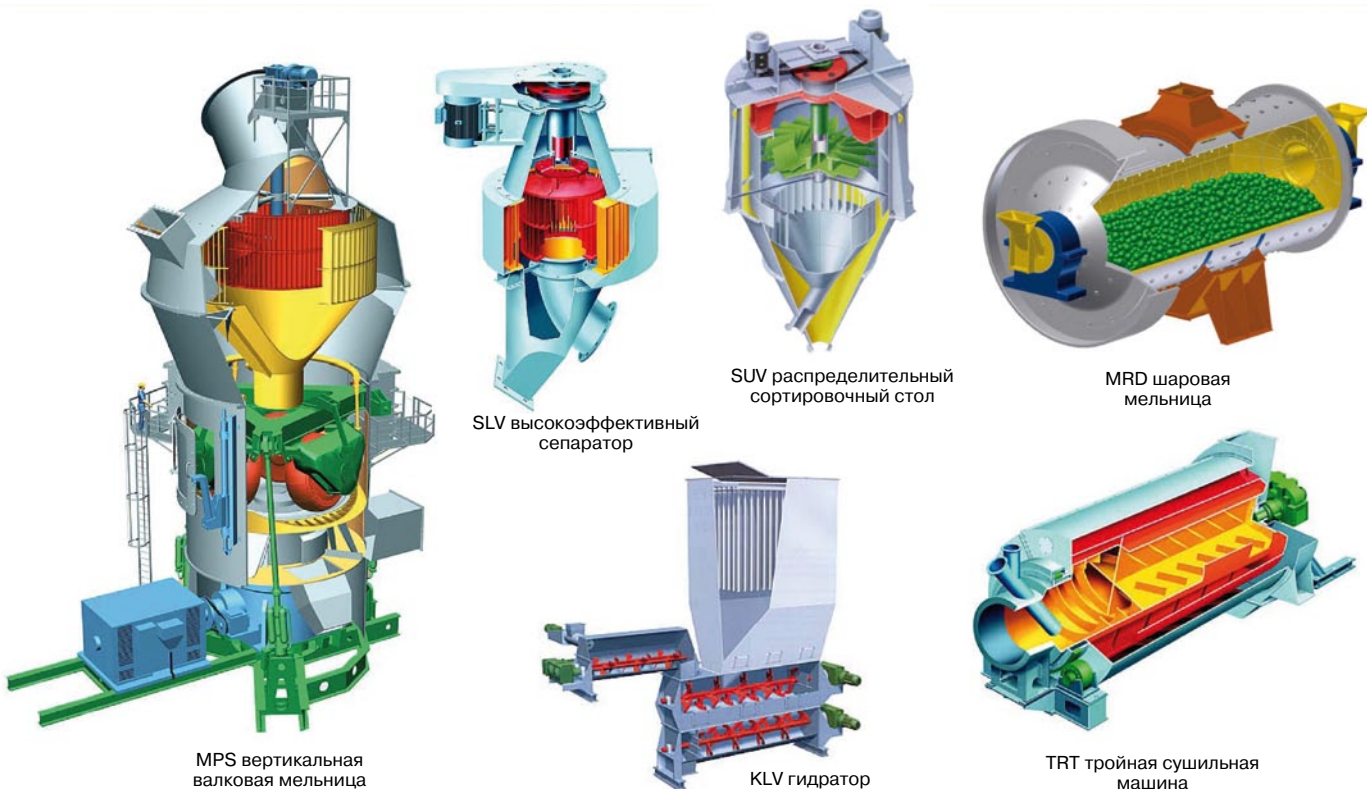
TRT тройная сушильная машина используется для сушки мела, известкового песка и известкового щебня.

Гидратор извести типа KLV

Гидраторы извести используются для производства гашеной извести из молотой гашеной извести или из кусков негашеной извести.

Шаровые мельницы типа MRD

Шаровые мельницы используются для сухого помола известняка или крупки гашеной извести.



MPS вертикальная валковая мельница

SLV высокоэффективный сепаратор

SUV распределительный сортировочный стол

MRD шаровая мельница

KLV гидратор

TRT тройная сушильная машина

ГЕБР. ПФЕЙФЕР СЕ

Barbarossastraße 50-54
P.O. Box 3080
67618 Kaiserslautern
Phone: +7-49-631-4161-0
Fax: +7-49-631-4161-290
E-mail: kv-p@gpse.de

ООО ИНКОНТРЕЙД

Ленинский проспект, 38, офис 1313
119334, Москва
Российская Федерация
Тел: +7 (495) 930-29-26
Факс: +7 (495) 930-41-84
E-mail: info@incontrade.ru

www.gpse.de



GEBR. PFEIFFER

Наша традиция - прогресс

РАЗНООБРАЗИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗВЕСТИ

ИЗВЕСТЬ

ВЕРТИКАЛЬНАЯ
ВАЛКОВАЯ
МЕЛЬНИЦА



СЕПАРАТОР



ШАРОВАЯ
МЕЛЬНИЦА



СУШИЛКА



ГИДРАТОР
ИЗВЕСТИ



Вертикальная валковая мельница
MPS Pfeiffer с выводом крупки

Конвейерные системы RUD Ketten для транспортировки извести и мела

Компания RUD Ketten принадлежит в настоящее время к наиболее передовым производителям цепей и систем для транспортировки сыпучих материалов.

Кроме установок новых транспортеров в стандартном и нестандартном исполнении RUD активно решает задачи по модернизации устаревшего конвейерного оборудования.

Цепные системы, предлагаемые группой RUD для модернизации, отличаются простотой монтажа и демонтажа, надежностью в эксплуатации и длительным сроком службы.

Для модернизации цепных ковшовых элеваторов компанией предлагается несколько решений.

Система «Центральная цепь» (разрывное усилие до 2000 кН), которая успешно работает на элеваторах большой производительности в условиях особо больших нагрузок.

Сборка цепи производится из звеньев непосредственно на площадке и не требует никакого специального инструмента (рис. 1).

Системы для круглых стальных цепей разделяют функции тягового (цепи) и несущего элементов (крепление ковша). Цепь собирается в единую ветвь из длинных (до 20 м), тщательно откалиброванных по длине отрезков. В элеваторах устранено наиболее слабое место конструкции – соединение цепи и ковша, образуя единую замкнутую ветвь, длинные отрезки цепей соединяются между собой с помощью разработанных и запатентованных компанией RUD Ketten специальных соединительных звеньев (рис. 2), имеющих те же характеристики, что и вся цепь.

Установка ковшей производится с помощью современных систем.

Система «2WIN» (рис. 3) актуальна для модернизации цепных ковшовых элеваторов, ранее работавших по системе DIN: короткий отрезок цепи + скоба. Слабое место такой системы – это скоба, которая не только держит нагруженный ковш, но и является соединительным звеном в цепи. Обрыв скобы, вызванный концентрацией нагрузок, является частой причиной аварий таких элеваторов.

«2WIN» полностью исключает возникновение подобных аварийных ситуаций.

Применяя систему «2WIN», специалисты-производители выигрывают не только в существенном повышении надежности и увеличении межремонтных сроков, но и в предсказуемости графиков обслуживания, в более долгом сроке использования, в эксплуатационной безопасности и гибкости. При переходе на систему «2WIN» рекомендуется установка новых сегментов на приводных и натяжных колесах (или полная замена колес), для того чтобы обеспечить равномерный износ рабочих поверхностей в процессе эксплуатации. Однако если колеса находятся в хорошем техническом состоянии, то система «2WIN» может работать с уже установленными как гладкими приводными колесами, так и зубчатыми.

Система «SWA» (рис. 4) актуальна для модернизации цепных ковшовых элеваторов, ранее работавших с любым типом бокового крепления ковша. Принципиальные решения данной системы аналогичны «2WIN».

Система работает в низкоскоростных элеваторах с зубчатыми приводными колесами. Поскольку во время движения элемент крепления «SWA» не подвергается износу, то возможно его повторное использование при следующей замене цепи. При переходе на данную систему могут потребоваться некоторые меро-

приятия по согласованию отверстий в корпусе ковша для крепления.

Система «RUD 65» актуальна для модернизации цепных ковшовых элеваторов, перемещающих влажные или склонные к налипанию, а также крупнокусковые материалы.

Монтаж ковша осуществляется на два звена цепи с помощью специальных захватов-вставок (рис. 5). Фиксирующие элементы вынесены из внутренней части ковша, поэтому получается гладкая задняя стенка, что облегчает выгрузку, особенно при перемещении влажного материала.

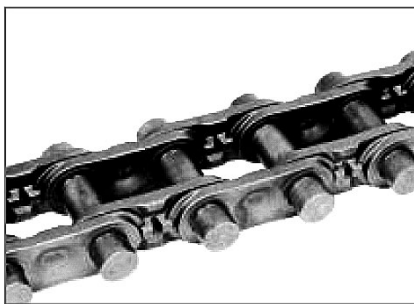
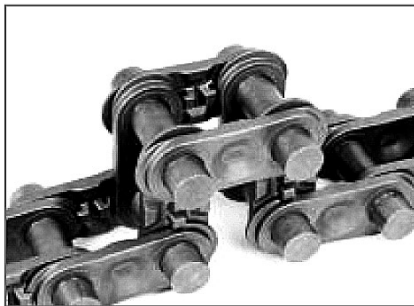


Рис. 1. Сборка центральной цепи RUD



Рис. 2. Соединительное звено RUD



Рис. 3. Монтаж ковша элеватора с помощью системы «2WIN»



Рис. 4. Система RUD «SWA»



Рис. 5. Крепление ковша SD



Рис. 6. Натяжное колесо



Рис. 7. Шнековый транспортер RUD Ketten

Натяжные колеса (рис. 6), оснащенные боковыми ребрами, имеют специальную опорную поверхность. При переходе на данную систему необходима полная замена пр

водных и натяжных колес, а также изготовленые новых ковшей.

Для модернизации **внутризаводского транспорта** разработаны беспылевой шнековый и скребковый транспортеры для горизонтальной транспортировки сыпучих материалов (рис. 7).

Шнековые транспортеры неприхотливы в обслуживании и долговечны. Шнеки изготавливаются из высококачественных материалов, а применяемая система автоматической смазки и дистанционного управления задвижками обеспечивает надежную эксплуатацию и избавляет от необходимости постоянного присутствия персонала.

Компания выпускает шнековые транспортеры длиной до 60 м и производительностью до 400 т/ч.

Система FORKY для беспылевой транспортировки и дозирования, используются скребковые транспортеры. Высокая износ- и жаростойкость элементов конструкции совмещается с возможностью многоточечной загрузки и выгрузки. В качестве тягового элемента могут выступать высокоизносостойчивые цепи из круглой стали или вильчатые цепи FORKY.

Оборудование RUD Ketten уже много лет отвечает самым высоким требованиям заказчиков. Компания предлагает также программу по модернизации работающего оборудования, в том числе с использованием уже имеющихся элементов конструкций и с увеличением производительности. Специалисты найдут самое верное решение ваших задач по перемещению сыпучих материалов механическими системами.

Реклама

Системы РУД Кеттен для модернизации цепных ковшовых элеваторов

ООО «РУД Руссланд Конвейеры и Системы»
Россия, 1154326, Москва, пр-т Андропова,
д. 18, к. 6, оф. 06-04

Тел.: (499) 277-20-80
Факс: (499) 277-20-90
М. т.: +7-903-176-29-18

rudrussland@gmail.com
www.rud.com




настоящая
ХИМИЯ
будущего

ЕвроХим-1 

ВСЕ ДОБАВКИ ДЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ИЗ ОДНИХ РУК





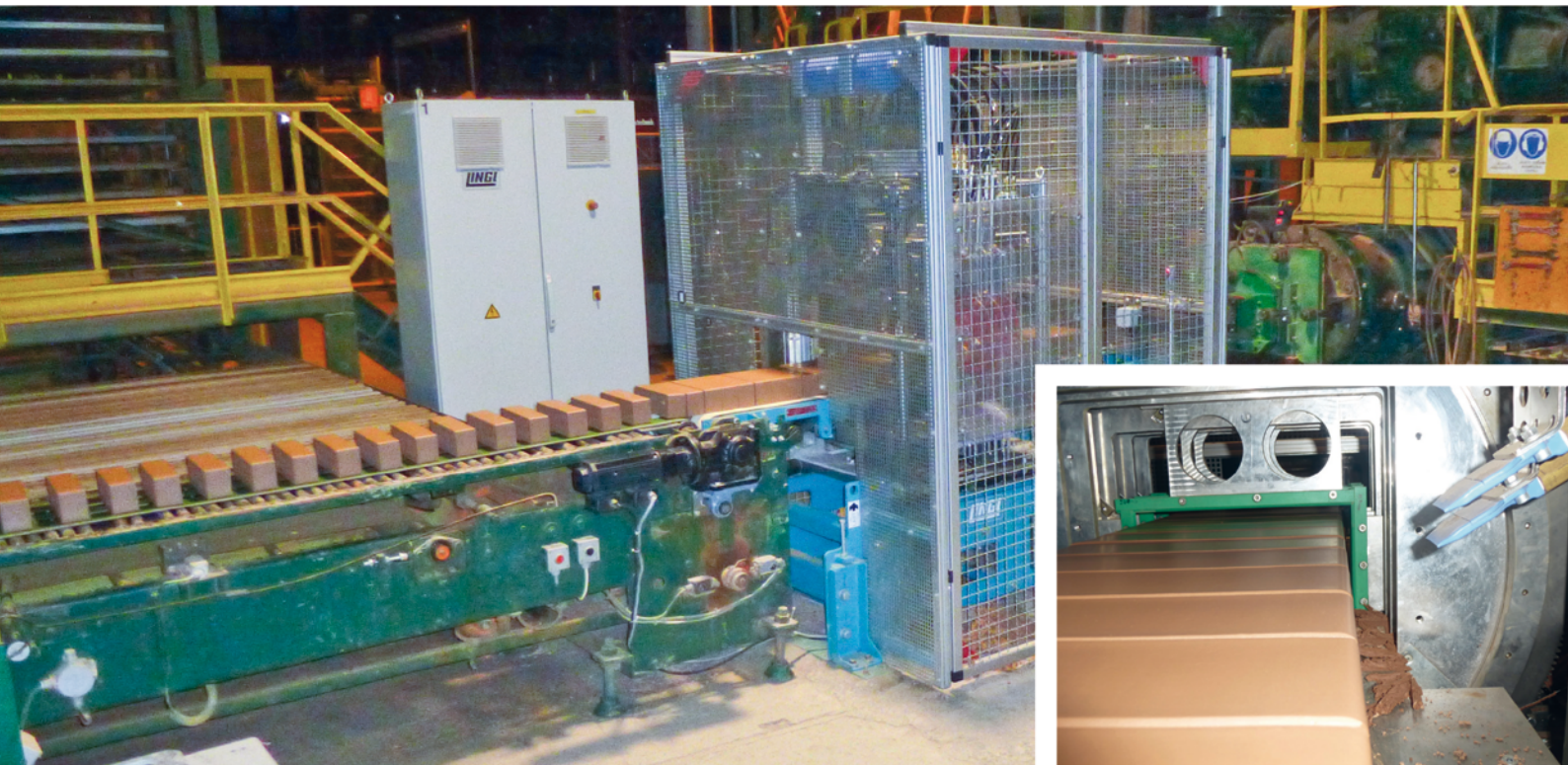

Mecellose®	Melment®	Melflux®	Plastretard®	Starvis®	Technocel®	FPAC® Panacea®
Vinnapas®	Silres Powder S®	Esapon® ASCO 93®	Sitren®	Amitrolit®	Denka®	Винная кислота Формат Кальция Карбонат лития

и многое другое

115432, г. Москва, ул. Трофимова, д. 2а
тел.: (495) 781-66-56
факс: (495) 781-66-46
e-mail: sss@eurohim.ru
www.chem.eurohim.ru
eurohim1.pф

Реклама

LINGL – ПАРТНЕР КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ



Автомат-резчик ротационного действия, ф. ЛОДЕ, Латвия 2013

LINGL предлагает решения для всей цепочки производства изделий грубой керамики: Наши инженерные услуги, начиная с видов сырья и процессов, а также индивидуальная оптимизация оборудования и перспективные концепции производства конкурентоспособны для наших клиентов во всем мире.

Наши инновационные продукты отличаются низкими издержками производства, очень хорошим качеством про-

изводства, превосходной энергетической эффективностью и оптимальным удобством при обслуживании. Наш сервис вносит существенный вклад в сохранение ценности Ваших машин и оборудования.

Качество, компетенция и надежность создают длительные партнерства – для сохранения этих ценностей мы существуем уже более 70 лет!

LINGL – качество made in Germany

LINGL LIR



УДК 675.92.052.35

А.Б. ЛИПИЛИН, генеральный директор, Н.В. КОРЕНЮГИНА, главный технолог, М.В. ВЕКСЛЕР, инженер завода «ТЕХПРИБОР» (Тульская обл.)

Мельницы могут работать лучше

Хорошо известно, что эффективность любого помольного участка оценивается прежде всего по гранулометрическому составу полученного порошка и затратам на его производство. По мнению специалистов [1], причиной высокого расхода или перерасхода энергии на получение продукта заданной дисперсности является тормозящее действие тонких частиц, которые, оставаясь в массе материала, затрудняют измельчение крупных, т. е. чем быстрее и полнее из корпуса мельницы будут выведены частицы нужных размеров, тем меньше затраты энергии на помол, тем ниже себестоимость полученного порошка.

Разделение массы измельчаемого сырья на готовый порошок и крупку — задача воздушных классификаторов. Полнота отделения мелких частиц от крупных характеризует эффективность классификатора. В иностранной литературе этот параметр часто называют separation sharpness — четкость разделения, что вполне точно отражает суть решаемой задачи. Чем точнее будет разделен исходный порошок, тем выше фракционная чистота тонкого продукта, тем меньше мелких частиц,

не выделенных из крупки, уйдет в мельницу на домол и на энергозатратное переизмельчение [1].

Производственная практика показывает, что увеличение эффективности классификации позволяет поднять единичную производительность мельничного оборудования на 15–30%, примерно настолько же сократив удельные расходы на помол [2].

Для того чтобы правильно оценить эффективность воздушной классификации, должны быть известны следующие показатели: гранулометрический состав порошка на входе в классификатор и гранулометрический состав тонкого продукта. Далее необходимо настроить воздушный классификатор на разделение продукта помола по **заданной или технологической границе разделения**. Граница разделения — это некоторый условный размер частиц $d_{c.s.}$, относительно которого должно соблюдаться правило: все частицы больше, чем $d_{c.s.}$, то есть крупная фракция, должны быть собраны в крупку, а меньшие (мелкая фракция) — в тонком продукте. Понятно, что чем мельче частица, тем больше вероятность ее попадания в тонкий продукт, а чем крупнее,

тем больше вероятность попадания в крупку. Другими словами, процесс воздушной классификации носит **вероятностный характер**. Поэтому под фактической границей разделения понимают медианный размер некоторого узкого класса частиц, имеющих равную вероятность попадания как в крупный, так и в мелкий продукт. Такая величина обозначается d_{50} и характеризует вероятностную границу разделения. Вероятностная граница разделения определяется конструкцией классификатора и его настройками, поэтому она может существенно отличаться от технологической границы, заданной исходя из требований к гранулометрическому составу целевого продукта.

В производственных условиях, когда гранулометрический состав целевого продукта задан требованиями нормативной документации, эффективность классификации может быть определена двумя показателями: фракционной чистотой целевого продукта (C_c либо F_p) и извлекаемостью соответствующей фракции η . Извлекаемость фракции — это отношение массы частиц нужной фракции к массе частиц этой же фракции в питании классификатора.

Извлечение крупной фракции рассчитывается по формуле:

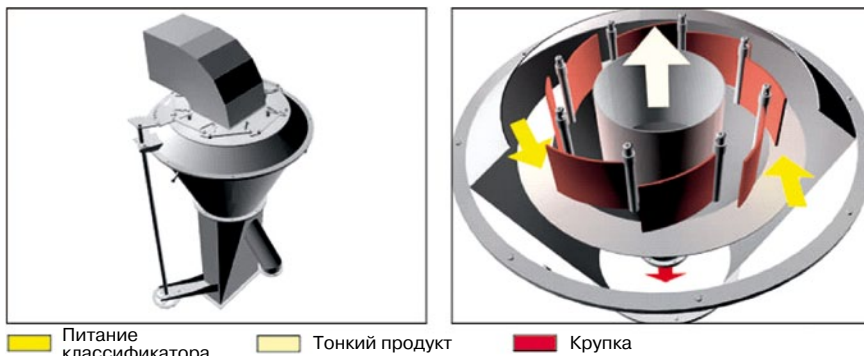


Рис. 1. Воздушно-проходной сепаратор «КАСКАД-М4» (ВПС)

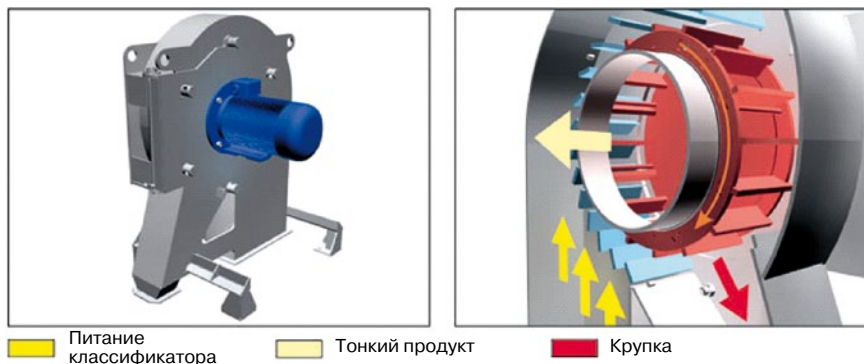


Рис. 2. Воздушно-центробежный классификатор «СЕЛЕКТОР-500/1500» (ВЦК)

$$\eta_c = m_c C_c / m_i C_i = \gamma_c C_c / C_i;$$

извлечение мелкой фракции:

$$\eta_f = m_f F_f / m_i F_i = \gamma_f F_f / F_i,$$

где m_i, m_c, m_f – массы исходного материала, крупного и мелкого продуктов; C_i, C_c, C_f – содержание крупной фракции соответственно в питании классификатора, крупке и мелких продуктах; F_i, F_c, F_f – содержание мелкой фракции соответственно в исходном материале, крупке и мелких продуктах.

Содержание определенной фракции в соответствующем продукте C_c и F_f называют фракционной чистотой продуктов, а величины C_f и F_c – загрязнениями продуктов.

Отношением массы частиц данной фракции к питанию определяют выход продуктов, соответственно γ_c и γ_f – выход крупки и мелкого продукта. Ясно, что $\gamma_c + \gamma_f = 1$.

Выход (γ) дает количественную оценку разделения, а извлечение (η) характеризует эффективность разделения.

На практике для расчета технологических показателей процесса классификации часто пользуются формулами без массовых показателей [2]:

$$\gamma_c = \frac{C_i - C_f}{C_c - C_f}; \quad \gamma_f = \frac{F_i - F_c}{F_f - F_c}; \quad \eta_c = \frac{C_c}{C_i} \cdot \frac{C_i - C_f}{C_c - C_f}; \quad \eta_f = \frac{F_f}{F_i} \cdot \frac{F_i - F_c}{F_f - F_c}.$$

Для примера расчета эффективности воздушной классификации на территории завода «ТЕХПРИБОР» (г. Щекино Тульской области) был проведен эксперимент по разделению минерального порошка с помощью центробежных классификаторов разных конструкций.

Таблица 1

Класс крупности, мкм	Исходный минеральный порошок	Крупка	Тонкий продукт
+180	6,5	11,6	0,3
-180 – +100	9,2	16,1	2,58
-100 – +71	26,3	18,7	17,71
-71 – +55	5	15,9	18,57
-55 – +38	5,3	8,65	3,68
-38	47,7	35,05	57,16
Σ	100	100	100

Таблица 2

Класс крупности, мкм	Исходный минеральный порошок	Крупка	Тонкий продукт
+ 180	6,5	10,84	–
- 180 – + 100	9,2	17,7	–
-100 – +71	26,3	43,07	1,3
-71 – +55	5	6,5	11,08
-55 – +38	5,3	2,43	17
-38	47,7	19,46	70,62
Σ	100	100	100

Воздушно-проходной сепаратор «КАСКАД-М4» (ВПС) с регулируемым направляющим аппаратом и статической зоной разделения (рис. 1) и ему подобные широко применяются в комбинации с мельницами для разделения сыпучих материалов в диапазоне крупности 63–400 мкм. Воздушно-центробежный классификатор «СЕЛЕКТОР-500/1500» (ВЦК) с приводным делительным ротором и динамической зоной разделения (рис. 2) используется на современных производствах для получения порошков с преобладающим размером частиц 10–200 мкм.

Представленные агрегаты принадлежат к группе воздушно-центробежных или вихревых классификаторов. Разделение полидисперсных порошков по крупности частиц происходит во вращающемся потоке воздуха за счет взаимодействия центробежных сил и давления воздуха, который нагнетается вентилятором. В обоих классификаторах материалоздушная смесь подается снизу, главное их отличие состоит в способе формирования вихря. В воздушно-проходном сепараторе «КАСКАД-М4» (ВПС) для этого используется направляющий аппарат, который состоит из поворотных лопаток, закручивающих воздушный поток, а в воздушно-центробежном классификаторе «СЕЛЕКТОР-500/1500» (ВЦК) эту задачу выполняет делительный ротор, который приводится во вращение собственным электродвигателем. В первом аппарате регулировка границы разделения производится поворотом лопаток направляющего аппарата, что позволяет изменять текущий радиус вихря, а значит, и тангенциальную скорость частиц, во втором – граница разделения регулируется за счет изменения частоты вращения делительного ротора.

Крупные, обладающие большими размерами и массой частицы под действием центробежных сил отбрасываются к стенкам корпуса классификаторов, теряют свою скорость, оседают в сборнике крупки, выводятся из классификатора и отправляются в мельницу на домол. Если в статической зоне разделения воздушно-проходного сепаратора «КАСКАД-М4» скорость частиц в зоне разделения не может превышать скорости несущего воздушного потока, то в динамической зоне разделения воздушно-центробежного классификатора «СЕЛЕКТОР-500/1500», оснащенного делительным ротором с электроприводом, скорость, а с ней и центробежная сила, действующая на частицы, значительно выше.

Сравнение эффективности классификации воздушно-проходного сепаратора «КАСКАД-М4» и воздушно-центробежного классификатора «СЕЛЕКТОР-500/1500» проводилось на минеральном порошке, гранулометрический анализ размеров частиц отобранных проб которого выполнялся на лазерном дифракционном анализаторе частиц Fritch Particle Sizer Analysette 22.

При заданной технологической границе разделения 71 мкм требуется выяснить эффективность воздушно-проходного сепаратора «КАСКАД-М4». Гранулометрический состав минерального порошка и продуктов его классификации приведен в табл. 1.

Как видно из табл. 1, в исходном минеральном порошке содержится 58% частиц размерами менее 71 мкм. После классификации получен тонкий продукт с содержанием 79,41% частиц менее 71 мкм.

Извлечение фракции +71 мкм в крупку составило:

$$\eta_c = \frac{C_c}{C_i} \cdot \frac{C_i - C_f}{C_c - C_f} = \frac{46,4}{42} \cdot \frac{42 - 20,59}{46,4 - 20,59} = 1,1047 \times 0,8295 = 91,63\%,$$

при этом выход фракции +71 мкм составил 82,95%, соответственно выход фракции -71 мкм – 17,05%.

Извлечение фракции -71 мкм в тонкий продукт составило:

$$\eta_f = \frac{F_f \cdot F_i - F_c}{F_i \cdot F_f - F_c} = \frac{79,41}{58} \cdot \frac{58 - 53,6}{79,41 - 53,6} = 1,3691 \times 0,1704 = 23,32\%$$

Таким образом, эффективность разделения воздушно-проходного сепаратора «КАСКАД-М4» по технологической границе разделения 71 мкм составила 57,5%, что является вполне обычным показателем работы классификаторов данной конструкции.

Теперь при той же заданной технологической границе разделения -71 мкм вычисляем эффективность воздушно-центробежного классификатора «СЕЛЕКТОР-500/1500». Гранулометрический состав минерального порошка и продуктов его классификации приведен в табл. 2.

Тонкий продукт представлен частицами менее 71 мкм (D99=71 мкм).

Извлечение фракции +71 мкм в крупку составило:

$$\eta_c = \frac{C_c \cdot C_i - C_f}{C_i \cdot C_c - C_f} = \frac{71,61}{42} \cdot \frac{42 - 1,3}{71,61 - 1,3} = 1,7050 \times 0,5788 = 98,67\%$$

при этом выход фракции +71 мкм составил 57,88%, соответственно выход фракции -71 мкм – 42,12%.

Извлечение фракции -71 мкм в тонкий продукт составило:

$$\eta_f = \frac{F_f \cdot F_i - F_c}{F_i \cdot F_f - F_c} = \frac{98,7}{58} \cdot \frac{58 - 28,39}{98,7 - 28,39} = 1,7017 \times 0,4211 = 71,66\%$$

Эффективность разделения воздушно-центробежного классификатора «СЕЛЕКТОР-500/1500» по технологической границе разделения 71 мкм состав-

ляет 85,2%, что является хорошим показателем работы классификатора.

По итогам проведенного эксперимента по сравнению эффективности воздушно-центробежных классификаторов разных конструкций можно сделать следующие выводы:

- лучшие результаты классификации минерального порошка при заданной границе разделения -71 мкм показал воздушно-центробежный классификатор «СЕЛЕКТОР-500/1500». Его эффективность оказалась выше, чем у воздушно-проходного сепаратора «КАСКАД-М4», на 28%;
- качество тонкого продукта, полученного на воздушно-центробежном классификаторе «СЕЛЕКТОР-500/1500», также оказалось выше; фракционная чистота $F_f = 98,7\%$ по сравнению с $F_f = 79,41\%$ у воздушно-проходного сепаратора «КАСКАД-М4».

Таким образом, использование современного оборудования воздушной классификации позволяет не только получать порошки более высокой фракционной чистоты, что зачастую является синонимом качества продукта, но и на ~28% уменьшить циркуляцию «мелочи», а значит, настолько же поднять производительность мельниц при выпуске минеральных порошков.

Ключевые слова: минеральный порошок, воздушная классификация, помол.

Список литературы

1. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. М.: Химия, 1977, 368 с.
2. Мизонов В.Е., Ушаков С.Г. Аэродинамическая классификация порошков. М.: Химия, 1989, 160 с.

ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ЭКСПОКАМЕНЬ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
«КРОКУС ЭКСПО», ПАВИЛЬОН 2, ЗАЛЫ 5, 6
РОССИЯ, МОСКВА

2013



ДОБЫЧА, ОБРАБОТКА, ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

ОРГАНИЗАТОРЫ:

- ТОРГОВО-ВЫСТАВОЧНЫЙ КОМПЛЕКС «ЭКСПОСТРОЙ НА НАХИМОВСКОМ»
- ИНВЕСТИЦИОННАЯ ГРУППА АБСОЛЮТ
- КОМИТЕТ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ПАЛАТЫ РФ ПО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВУ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖКХ

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

- АССОЦИАЦИИ СТРОИТЕЛЕЙ РОССИИ
- РОССИЙСКОГО СОЮЗА СТРОИТЕЛЕЙ
- РОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА ИНЖЕНЕРОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

ПРИ УЧАСТИИ:

- АССОЦИАЦИИ «ЦЕНТР КАМНЯ» (РОССИЯ)
- «HUMMEL GMBH» (ГЕРМАНИЯ)
- «CONFINDUSTRIA MARMOMACCHINE – Assomarmomachine» (ИТАЛИЯ)

25

28

ИЮНЯ



www.expostone-russia.ru

УДК 621.926.08:622.73

А.Б. ЛОСКУТОВ, заведующий проектно-конструкторским отделом ОАО «НИИпроектасбест» (Свердловская обл.); Я.Я. ГОССЕН, директор по строительству ЗАО «Комбинат строительных материалов» (Тюменская обл.); О.Ю. ГОРБАЧЕВА, заведующая отделом маркетинга ОАО «НИИпроектасбест» (Свердловская обл.)

Совершенствование технологии производства силикатных блоков на ЗАО «Комбинат строительных материалов»

ОАО «НИИпроектасбест» в настоящее время входит в число ведущих научно-исследовательских организаций Уральского региона и осуществляет комплексные работы по реконструкции и техническому перевооружению предприятий, занимающихся переработкой минерального сырья. Широкий типоразмерный ряд оборудования позволяет комплектовать различные варианты линий по переработке мрамора, известняка, доломита, мела, гипса, извести, ракушечника, шлака и других материалов.

Квалификация специалистов и собственная производственная база ОАО «НИИпроектасбест» позволяют максимально учитывать специфику производственных задач предприятий-заказчиков и при необходимости выполнять проектно-конструкторские работы, разрабатывать установочные чертежи оборудования с привязкой к существующим производственным площадям, осуществлять авторское сопровождение внедрения оборудования.

Хорошим примером такого сотрудничества является взаимодействие с заводом стеновых материалов «Поревит» (ЗАО «Комбинат строительных материалов», Тюменская обл.). Это одно из самых современных предприятий за Уралом по производству газобетонных блоков, силикатного кирпича и силикатных пазогребневых блоков. Производственная мощность завода составляет 300 тыс. м³ газобетона и 110 млн усл. шт. кирпича в год. Завод оснащен автоматизированными линиями производства немецкой фирмы MASA GmbH.

Исходными компонентами при производстве силикатных блоков являются песок, известь (известковое вяжущее) и вода. Песок по системе ленточных конвейеров поступает с закрытого склада в накопительный силос. Известь пневмотранспортом подается в два расходных силоса. Вода используется из водопровода и дозируется

в зависимости от влажности песка. Отдозированные согласно рецептуре компоненты направляются в смеситель интенсивного действия. После тщательного перемешивания полученная масса элеватором подается на конвейер и поступает в реактор, где происходит процесс гашения извести. Из реактора известково-песчаная масса поступает в смеситель, где снова перемешивается и далее в пресс. Затем изделия укладываются на запарочные тележки и направляются в автоклав. После автоклава изделия с силикатными изделиями поступают на упаковку.

Опыт эксплуатации немецкой линии на российском сырье в соответствующих климатических условиях показал наличие определенных технологических проблем.

Одна из проблем была связана с процессом подготовки известково-песчаной смеси. В технологии производства предусмотрено очистка исходного песка от посторонних примесей. Наличие в исходном песке мелких комочков глины не позволяет производить эффективную подготовку сырья на вибрационном грохоте с сеткой менее 20 мм, так как происходит ее залипание. В результате посторонние примеси крупностью менее 20 мм попадают далее в смеситель, реактор.

Наличие глины и мелких примесей способствуют образованию трещин, полостей, неоднородных пятен и сколов. Все это, как правило, приводит к повышению количества бракованной продукции.

С учетом требуемой производительности технологических линий и крупности сетки для решения данной проблемы были выбраны две сортировки С-1-1000 (линия без красителя) и С-1-1250 (линия с красителем). Поскольку влажность известково-песчаной смеси после реактора около 5%, было принято решение установить сортировку сразу после реакторов (рис. 1) с сеткой 5 мм.

Перед конструкторами ОАО «НИИпроектасбест» стояла сложная задача по размещению сортировок



Рис. 1. Сортировка С-1-1000, установленная после реактора



Рис. 2. Окатыши и посторонние примеси крупностью более 5 мм на ситовой поверхности грохота

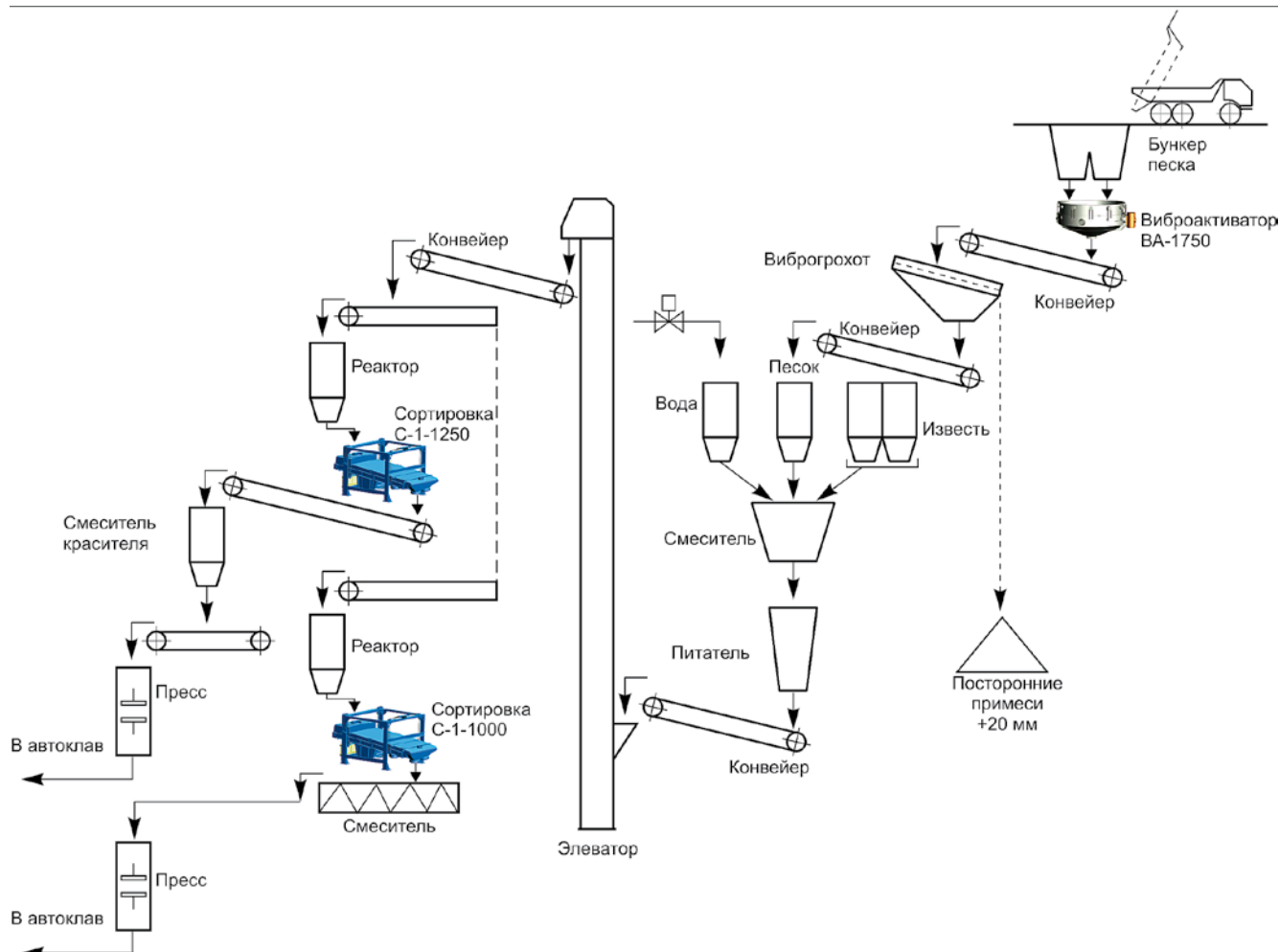


Рис. 3. Усовершенствованная технологическая схема получения силикатных блоков

в ограниченном пространстве помещения. В связи с этим была проведена доработка конструкции сортировок в соответствии с условиями размещения.

Круговые вращательные движения сита сортировок задают спиральную траекторию движения частиц, что способствует образованию глинистых окатышей, которые адсорбируют на себе посторонние примеси (рис. 2).

Конструктивные особенности сортировок ОАО «НИИпроектасбест», а именно движение сита в горизонтальной плоскости с высокой амплитудой и низкой частотой колебаний, позволяют с максимальной эффективностью классифицировать продукт на мелких ситах. Наличие механической системы регенерации ситовых поверхностей способствует достижению стабильных результатов классификации.

В результате внедрения сортировок все посторонние примеси крупностью более 5 мм (корешки, катышки глины) были выведены из технологии до пресс-установки. Проведенные мероприятия позволили комбинату резко снизить количество брака и увеличить выпуск готовой продукции на 20%.

Следующая проблема носила сезонный характер и касалась выгрузки мерзлого песка в зимний период времени или влажного песка в осенне-весенний период с закрытого склада песка. По изначально выполненному проекту завода для этой цели было предусмотрено 48 виброразгрузителей. В процессе эксплуатации песок стал застывать в бункерах, образуя своды. Это периодически приводило к резкому обрушению и завалу ленточных конвейеров, доставляющих песок в накопи-

тельный силос. Учитывая, что вся технология производства автоматизирована, при остановке ленточного конвейера останавливается и другая часть оборудования, вызывая простои технологической линии. В результате обслуживающему персоналу приходилось вручную убирать образовавшиеся завалы.

В качестве эффективного оборудования для разгрузки бункеров исходного сырья предложен и установлен виброактиватор ВА-1750 конструкции ОАО «НИИпроектасбест», который устойчиво обеспечивает разгрузку сырья крупностью до 200 мм.

Усовершенствованная технологическая схема получения силикатных блоков представлена на рис. 3.

С учетом положительного решения проблемных вопросов в технологии производства силикатных блоков предприятием планируется поручить специалистам ОАО «НИИпроектасбест» в 2013 г. решение следующей задачи по измельчению крупных кусков мерзлого песка в приемном бункере склада.

ОАО «НИИпроектасбест»

Россия, 624266, г. Асбест Свердловской обл., ул. Промышленная, 7.

Тел.: +7(912)225-44-29 E-mail: nto@niiasbest.ru
www.niiasbest.ru

Реклама

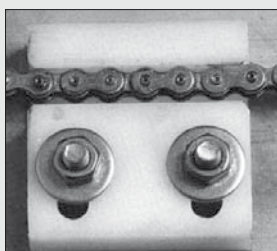


ООО «Ас-Тик КП»

ПОСТАВКА ПОЛИМЕРНЫХ ПРОТИВОНАЛИПАЮЩИХ ФУТЕРОВОЧНЫХ ПЛАСТИН – ППФП-Астики
 ДЛЯ ЭКСКАВАТОРНОГО, ТРАНСПОРТНОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Проблема налипания материала на рабочие поверхности оборудования решена!

Противоналипающие полимерные футеровочные пластины ППФП-Астики – эффективное средство борьбы с налипанием различных материалов на рабочие поверхности экскаваторного, транспортного и технологического оборудования.



ППФП-Астики обладают:

- ◆ низким коэффициентом трения;
- ◆ высокой гидрофобностью, износостойкостью, ударопрочностью, химической стойкостью;
- ◆ широким температурным диапазоном эксплуатации.

ППФП-Астики выпускаются по ТУ-2246-001-22711279–2008 различных размеров, технологичны, надежны в эксплуатации.

Эффективность ППФП-Астики подтверждается долговременной успешной эксплуатацией в качестве облицовки рабочих поверхностей:

- приемно-питающих и перегрузочных устройств вскрышных роторных экскаваторов, бункеров для хранения огарок, приемных бункеров гипса, гранул, чаш грануляторов, циклонов и др.
- на предприятиях цементной промышленности России: ОАО «Себряковцемент», ОАО «Новоросцемент», ОАО «Осколцемент», ОАО «Ангарсцемент», ОАО «Магнитогорский ЦОЗ»; Республики Молдова: «Lafarge Ciment (Moldova)» S.A., ЗАО «Рыбницкий цементный комбинат» (Приднестровье);
- весовых бункеров-дозаторов и бункеров отечественного и импортного производства на предприятиях керамической промышленности России: ЗАО ПКФ «Воронежский керамический завод», ОАО «Завод керамических изделий» (Екатеринбург);
- силосов вылеживания известково-песчанной смеси, бункеров песка и весовых дозаторов в ЗАО «Ковровский завод силикатного кирпича»;
- перегрузочных узлов, приемных бункеров, плужковых сбрасывателей и др.
- на предприятиях промышленности черной и цветной металлургии России: ОАО «Михайловский ГОК», ОАО «Качканарский ГОК «Ванадий», ОАО «Сибирь-Полиметаллы» и др.; Республики Казахстан: АО «Жайремский ГОК»

ООО «Ас-Тик КП» осуществляет на договорных условиях выпуск и поставки ППФП-Астики различной износостойкости и долговечности, оказывает необходимые консультации, связанные с выбором ППФП-Астики для конкретных условий эксплуатации экскаваторного, транспортного и технологического оборудования и их эффективным внедрением в производство, а так же, совместно с заводами металлоконструкций производит в заводских условиях выпуск новых бункеров, оборудованных ППФП-Астики

ООО «Ас-Тик КП»

Тел.: (499) 764-37-67 Тел./факс: (495) 718-48-12 E-mail: astik_kp@mail.ru

УДК 622

В.Г. КУЗНЕЦОВ, президент, И.П. КУЗНЕЦОВ, коммерческий директор ООО «Ас-Тик КП» (Москва); А.А. БОРОДИН, главный механик строящегося комплекса обжиговой машины № 3 фабрики окомкования ОАО «Михайловский ГОК» (г. Железногорск); Д.И. ИВАННИКОВ, начальник управления кооперации, ОАО «Уралмашзавод» (Екатеринбург); П.В. ЗАОСТРОВСКИЙ, главный инженер проекта, ОАО «Уралмеханобр» (Екатеринбург); Д.А. АНУФРИЕВ, заместитель генерального директора по производству, ОАО «Таганрогстальконструкция» (г. Таганрог); Н.С. МОКРОУСОВ, заместитель генерального директора по производству, ООО «Проммонтаж» (Курск)

Заводской выпуск бункеров, оборудованных эффективным средством борьбы с налипанием материалов – ППФП-Астики

Отечественный опыт эксплуатации горнодобывающего и перерабатывающего оборудования в различных отраслях народного хозяйства свидетельствует о том, что при его работе на увлажненных грунтах и сырьевых материалах резко падает производительность оборудования, увеличивается количество внеплановых простоев из-за необходимости очистки от налипших масс, которая, как правило, осуществляется при помощи небезопасного тяжелого физического труда.

Следует отметить, что поставляемое на объекты различного технологического оборудование (перегрузочные узлы, бункера, тетки, пересыпные устройства, весовые бункера-дозаторы, склизы и прочее), в большинстве своем, не приспособлено для эффективной работы на увлажненных липких материалах из-за отсутствия надежных и эффективных средств борьбы с налипанием.

Во всех этих случаях владельцам предприятий самим приходится решать возникающие при работе оборудования проблемы при помощи дополнительно затрачиваемых финансовых средств.

На протяжении длительного времени (более 10 лет) самым эффективным средством борьбы с налипанием различных увлажненных материалов (тонкоизмельченный железорудный концентрат, известняка, бентонит, шихта, глина и другие) на рабочие поверхности технологического оборудования фабрики окомкования ОАО «Михайловский ГОК» являются полимерные противоналипающие футеровочные пластины – Астики (ППФП-Астики), выпускаемые ООО «Ас-Тик КП» из полиолефинового полимерного сырья различной износостойкости и долговечности по ТУ2246-001-22711279-2008 [1–5]. Установка ППФП-Астики на рабочие поверхности технологического оборудования осуществлялась до последнего времени, как правило, в момент проведения плановых ежемесячных ремонтов оборудования без изменения ранее запроектированных металлических поверхностей. Это не позволяло в полной мере использовать в сочетании основные эксплуатационные характеристики полимерного материала, а именно: гидрофобность, антифрикционность и износостойкость.

Все это возможно использовать только при проектировании и выпуске в заводских условиях того или другого вида нового технологического оборудования с учетом, как кооперации ряда предприятий, так и имеющихся на современном этапе развития последних достижений в области науки и техники.

Так, начиная с ноября 2012 г. осуществлен в заводских условиях предприятий по производству металлоконструкций выпуск бункеров, оборудованных ППФП-Астики, для вновь строящейся технологической линии фабрики окомкования ОАО «Михайловский ГОК». В этой работе была задействована следующая схема кооперации предприятий. Основной финансирующей организацией являлась Управляющая Компания «Металлоинвест» железорудных предприятий, в том числе ОАО «Михайловский ГОК».

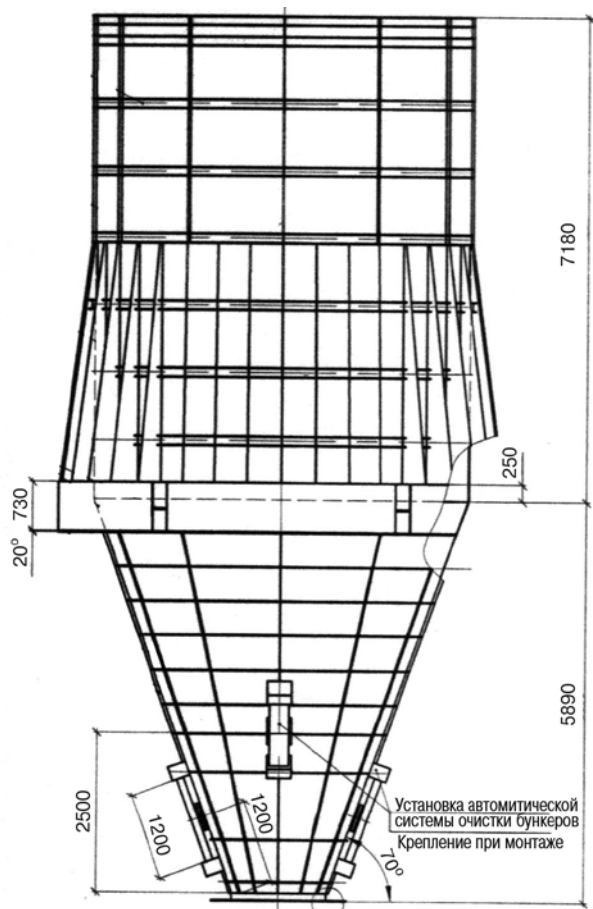
Координация всех работ строящейся технологической линии осуществлялась управлением кооперации ОАО «Уралмашзавод». Проектно-конструкторские работы по бункерам, оборудованным ППФП-Астики, для железорудного концентрата, известняка, бентонита и шихты выполнены ОАО «Уралмеханобр».

Выпуск и поставка необходимых для футеровки рабочих поверхностей бункеров с учетом минимизации отходов при раскросе ППФП-Астики произведены ООО «Ас-Тик КП».

Раскрой полимерных пластин и выпуск новых металлических бункеров, оборудованных ППФП-Астики, для железорудного концентрата, известняка и бентонита, осуществлен ООО «Проммонтаж», а для шихты, соответственно ОАО «Таганрогстальконструкция».

Следует отметить, что в настоящее время в России в различных регионах сложилась целая отрасль промышленного производства стальных металлоконструкций, занимающая 96,2% от общего объема выпуска готовой продукции. Это может позволить в кратчайшие сроки провести скорейшую модернизацию устаревшего технологического оборудования эксплуатирующегося в различных горнодобывающих отраслях народного хозяйства России с учетом минимизации транспортных расходов.

На рисунке приведена типовая конструктивная схема бункера, оборудованного ППФП-Астики. Бункер предназначен для приема и передачи известняка, рабочий объем бункера 210 м³. Он устанавливается в корпус окомкования (категория пажароопасности В2). Конструкция бункера сварная (сварные швы по ГОСТ 5264–80, электроды Э 42 ГОСТ 9467–75). Материал футеровки бункера – ППФП-Астики толщиной 8 мм. Загрузка материала производится с конвейера Д1. В местах расположения установки автоматической системы очистки бункеров МИГ 3.2 – 12.2 предусматривается усиление конструкции крепления ППФП-Астики к бункеру. Всего в сжатые сроки в за-



ППФП-Астики
ТУ 2246-001-22711279-2008
Количество 200 м²

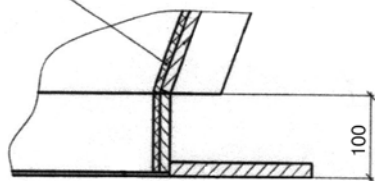


Рисунок. Типовая конструктивная схема бункера, оборудованного ППФП-Астики

водских условиях изготовлено 20 новых металлических бункеров, оборудованных порядка 18 т ППФП-Астики.

Технические характеристики

Наименование материала	железорудный концентрат
Размер частиц	Класс 0,044 – 90%
Насыпной вес, т/м ³	2,6 – 2,7
Угол естественного откоса	50
Температура, °С	+15
Влажность, %	9,5 – 10

В связи с принятой в России на ближайшие годы программой проведения широкой модернизации оборудования в целях повышения эффективности его использования рекомендуется положительный опыт заводского выпуска бункеров, оборудованных эффективным средством борьбы с налипанием материалов – ППФП-Астики, для вновь строящейся технологической линии ОАО «Михайловский ГОК», использо-

вать как на родственных предприятиях железорудной промышленности черной металлургии, так и аналогичных предприятиях других отраслей горнодобывающей и перерабатывающей промышленности.

Ключевые слова: налипание, футеровка, ППФП-Астики, бункер

Список литературы

1. Кузнецов В.Г., Новикова Т.Н., Кузнецов И.П. Повышение эффективности использования технологического оборудования при транспортировании и перегрузке увлажненного железорудного концентрата и офлюсованных сырых окатышей // Строительные материалы. 2010. № 1. С. 22–23.
2. Кузнецов В.Г., Кузнецов И.П. Определение толщины полимерной противоналипающей футеровочной пластины для различных условий эксплуатации оборудования // Строительные материалы. 2007. № 5. С. 13–14.
3. Кузнецов В.Г., Кузнецов И.П., Копылов С.В., Ситников Н.С. и др. Правильный подбор полимерных противоналипающих футеровочных пластин – залог эффективной эксплуатации технологического оборудования // Горный журнал. 2008. № 4. С. 80–81.
4. Кузнецов В.Г., Кузнецов И.П., Копылов С.В. Оценка экономической эффективности внедрения полимерных противоналипающих футеровочных пластин // Строительные материалы. 2006. № 9. С. 48.
5. Кузнецов В.Г., Кузнецов И.П. Повышение качества выпускаемой готовой продукции // Стандарты и качество. 2012. № 8. С. 92–93.

HAZEMAG
GROUP

YOUR FIRST
ADDRESS
FOR
INTELLIGENT
CRUSHING!

TALK TO US



Равилу Зуфаровичу Рахимову 75 лет

11 мая 2013 г. исполнилось 75 лет члену-корреспонденту РААСН, председателю Казанского представительства Волжского регионального отделения РААСН, Заслуженному деятелю науки РФ, Почетному строителю России, Почетному работнику высшего профессионального образования РФ, Заслуженному деятелю науки и техники Татарской АССР, лауреату премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, доктору технических наук, заведующему кафедрой «Строительные материалы» Казанского государственного архитектурно-строительного университета Равилу Зуфаровичу Рахимову.

После окончания в 1961 г. Казанского инженерно-строительного института Р.З. Рахимов работал на предприятиях строительной индустрии. После защиты кандидатской диссертации уже сорок пять лет трудится в КазГАСУ. Основные направления научной деятельности Р.З. Рахимова связаны с исследованиями местных сырьевых ресурсов России, областей и ре-

спублик Поволжского региона, разработкой и исследованием свойств строительных материалов на основе местного минерального природного и техногенного сырья. Под его руководством разработаны «Рекомендации по проектированию теплоэффективных конструкций жилых и общественных зданий для условий Республики Татарстан». С 1999 г. в связи с началом строительства Казанского метрополитена Р.З. Рахимов привлекался руководителем научного сопровождения строительства. Вместе с созданным для этого коллективом разработаны составы высокопрочных и водонепроницаемых бетонов и комплектующих материалов для изготовления элементов колец тоннелей метрополитена и технология их производства, которые освоены на предприятиях Казани. Под его руководством и при непосредственном участии разработаны составы и технология производства многокомпонентных и многофазовых гипсовых вяжущих, доломитового цемента и гидравлической извести повышенной прочности и водостойкости, композиционных шлакощелочных вяжущих, минеральных пигментов и сухих строительных смесей на основе местного сырья, конструкционно-теплоизоляционных и теплоизоляционных керамических материалов.

Р.З. Рахимов является автором более 670 публикаций, среди которых 18 монографий, учебник для вузов «Строительные материалы», несколько учебных пособий, 35 авторских свидетельств и патентов, один межгосударственный стандарт. Разработки Р.З. Рахимова отмечены медалями и дипломами РААСН, ВВЦ, различных выставок и конкурсов, изобретений и инновационных проектов. Он подготовил 3 докторов и 17 кандидатов технических наук.

Редакционный Совет и редакция сердечно поздравляют Равила Зуфаровича Рахимова с 75-летием и желают здоровья, дальнейших творческих успехов и всех благ.

УДК 624

Р.З. РАХИМОВ, Н.Р. РАХИМОВА, доктора техн. наук,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Строительство и минеральные вяжущие прошлого, настоящего, будущего

Строительная деятельность человечества началась более 3 млн лет назад. Около 8 тыс. лет назад люди начали применять первые минеральные воздушные вяжущие вещества невысокой прочности — гипсовые и известковые, способные твердеть и сохранять прочность на воздухе. Их использовали для изготовления кладочных и штукатурных строительных растворов. На основе исследований реликтовых находок на территориях Италии, Израиля и Югославии сделан вывод и о применении их для изготовления бетонов более 7,5 тыс. лет назад [1]. С их применением были сооружены величайшие памятники строительного искусства древности.

Для обеспечения повышенной прочности и стойкости во влажных условиях в известковые композиции вводили добавки вулканического пепла, цемянки, топливных зол и шлаков. В конце I тыс. до н. э. римляне разработали и стали применять бетоны на основе извести и смесей ее с пуццоланами для устройства фундаментов, стен, дорожных покрытий и полов. С их приме-

нением были построены: в 60-х гг. н. э. Аппиева дорога, гавань Пуццуоли, сохранившиеся до нашего времени; в первые столетия н. э. — Пантеон и Колизей в Риме. Во всех уголках мира сохранились многочисленные памятники строительного искусства эпох Средневековья и Возрождения, построенные с использованием этих материалов: многочисленные дворцы, замки, мавзолеи, крепости, культовые сооружения и жилища. Строительная деятельность человечества базировалась на использовании природных каменных, растительного происхождения, сырцовых глиняных, керамических, стекольных материалов и известковых и гипсовых вяжущих веществ вплоть до конца XVIII — середины XIX в. В этот период были разработаны способы получения водостойких гидравлических вяжущих путем обжига известняков с различным содержанием глины, а не совмещением извести и пуццолановых добавок.

В 1756 г. Д. Смит получил первое в истории цивилизации композиционное известковое вяжущее повышенной водостойкости путем обжига известняка с содержанием

глины до 20%, названное гидравлической известью, а в 1796 г. Д. Паркер получил второе водостойкое вяжущее повышенной прочности обжигом известняка с содержанием глины более 25%, названное романцементом.

Эпохальным достижением в истории цивилизации явилось изобретение Д. Аспдином в 1824 г. высокопрочного и водостойкого вяжущего – портландцемента и технологии его получения обжигом до спекания природной или искусственной смеси известняка и глины в соотношении 3:1 с получением клинкера и его последующим помолом. Со второй половины XIX в. портландцемент стал прочно входить в мировую строительную практику.

С изобретением в 1856 г. бессемеровского и в 1860 г. мартеновского производства стали началось широкое применение в строительстве стальных конструкций.

С началом применения портландцемента, стальных конструкций начался второй этап развития строительной деятельности человечества, что послужило одним из оснований развития капитализма и индустриальных методов строительства. С тех пор и до настоящего времени портландцемент является «хлебом строительства» и составляет до 80% и более от общего объема минеральных вяжущих.

Регулирование химического и минерального состава клинкера, введение минеральных и химических добавок позволили обеспечить к настоящему времени производство и применение более 30 разновидностей по свойствам и назначению клинкерных цемента.

Это, в свою очередь, позволило обеспечить развитие производства и модифицированных бетонов, бетонных и железобетонных изделий с прочностью при сжатии, приближающейся к прочности стали, и прогнозируемой долговечностью до 500 лет, что создало возможности строительства высотных сооружений, небоскребов и сверхнебоскребов, многокилометровых тоннелей и платформ нефтедобычи в морях и океанах.

Будущее бетонов на основе клинкерных вяжущих в определенной мере связано с модификацией их свойств многоуровневым армированием различными видами фибры и введением нанодобавок.

К началу XXI в. мировое производство клинкерных вяжущих превысило 2 млрд т.

Вместе с тем их производство связано с высоким потреблением природного минерального сырья, энергоресурсов и значительными объемами загрязняющих окружающую среду выбросов. На изготовление 1 т портландцемента требуется более 1 т известняка, 0,5 т глины и корректирующих добавок, 200–300 кг условного топлива и более 100 кВт электроэнергии. А его производство является крупным источником выделения в окружающую среду: углекислого газа до 1 т, оксидов азота до 9,5 кг, значительного количества пыли на 1 т портландцемента [2].

Развитие земной цивилизации в конце XX в. сопровождалось осознанием мировым сообществом того, что способ его существования вошел в противоречие с породившей человека планетой Земля. Анализ последних возрастающей антропогенной нагрузки на окружающую среду привел к пересмотру стратегии развития земной цивилизации. В 1992 г. в Рио-де-Жанейро на Всемирном саммите ООН по окружающей среде была принята «Повестка дня на XXI век», в которой на смену безграничному научно-техническому прогрессу в развитии цивилизации заложена концепция устойчивого развития, в основе которой принципы сбережения энергетических и природных сырьевых ресурсов и защита окружающей среды от загрязнений побочными продуктами и отходами производства [3].

У портландцемента наряду с неоспоримыми достоинствами помимо упомянутых выше проблем его про-

изводства, имеются и серьезные недостатки: недостаточно высокая коррозионная стойкость и долговечность, отсутствие взаимодействия с глинистыми и пылевидными частицами, необходимость применения кондиционных мелких и крупных заполнителей и их обогащения при приготовлении растворов и бетонов.

Учитывая проблемы производства и применения клинкерных гидравлических вяжущих, одним из путей обеспечения «устойчивого развития» является разработка и расширение производства малоклинкерных и бесклинкерных гидравлических вяжущих с низкими затратами энергетических и природных минеральных сырьевых ресурсов и использованием побочных продуктов и отходов различных отраслей.

Решение этой проблемы развивается в трех направлениях.

Первое направление связано с увеличением объемов использования отходов различных отраслей в производстве клинкера и при получении композиционных цементов с пониженным и низким его содержанием и модификацией их нанодобавками.

Второе направление связано с совершенствованием известных с древности способов повышения водостойкости и прочности известковых и гипсоизвестковых вяжущих введением индивидуальных и комплексных активных минеральных и химических добавок. Это позволяет существенно повысить водостойкость и прочность известковых и гипсовых композиций [4], которые могут применяться вместо клинкерных в производстве отдельных видов отделочных материалов, устройства самонивелирующихся полов, возведения самонесущих и малонагруженных стен малоэтажных и каркасных зданий и снизить клинкерную составляющую в цементах с минеральными добавками.

Третье направление, интенсивно развиваемое в последнее время во многих странах, – разработка, производство и применение активированных щелочами щелочных и щелочно-щелочноземельных алюмосиликатных гидравлических вяжущих, которые рассматриваются как материалы будущего, способные заменить клинкерные вяжущие с позиций экологической, технологической и экономической оценки [5–10].

Группа щелочных алюмосиликатных систем получила название «геополимеры». К группе щелочно-щелочно-земельных относятся шлакощелочные, золощелочные и другие бесклинкерные гидравлические вяжущие.

Обе группы указанных вяжущих отличаются от клинкерных: по химическому и минеральному составу; эффективностью в решении ресурсо- и энергосбережении и минимальными выбросами загрязняющих окружающую среду отходов; по широте сырьевой базы; повышенной стойкостью к воздействию выветривания, химических сред, высокой температуре и радиации; по широте номенклатуры материалов на их основе и областей применения.

Более 2 тыс. лет назад древнеримский архитектор и инженер Витрувий отмечал [11]: «Вечные законы природы – прототип правил искусства... Принцип искусства имеет большое сходство с принципом, движущим природу, то есть с божественным подражанием».

По определению академика Е.А. Ферсмана, кларки земной коры и продуктов производства должны постепенно сближаться. Щелочные и щелочно-земельные вяжущие по химическому составу в наибольшей мере отвечают этим принципам в отличие от клинкерных.

Химический состав этих вяжущих отличается от клинкерных отсутствием у первых СаО, у вторых – пониженным содержанием СаО, а у тех и других – высоким содержанием Al_2O_3 , Fe_2O_3 и SiO_2 и повышенным содержанием Na_2O и (или) K_2O . Синтезирующиеся в процессе их твердения новообразования по веществ-

ному составу моделируют минералы земной коры и части ее осадочных и метаморфических горных пород, образовавшихся в результате природных процессов гидротермального синтеза, — кремнезем, цеолиты, слюды, гидрослюды и др. Присутствие цеолитов и отсутствие в минеральном составе высокоосновных кальциевых минералов портландцемента, по мнению многих исследователей [5, 7–10], придают долговечность и прочность как природным, так и искусственным каменным материалам. Этим объясняется и более чем двухтысячелетняя долговечность бетонов на известково-пуццолановых цементах сооружений древних Сирии, Египта, Греции и Рима [5, 7].

Достоинствами щелочных и щелочно-земельных вяжущих являются по сравнению с портландцементом их эффективность в решении проблем ресурсо- и энергосбережения и защиты окружающей среды от загрязняющих отходов.

При их производстве не используются высокоэнергетические процессы обжига сырья, которые имеют место при производстве клинкера. В отличие от производства клинкерных вяжущих и щелочные, и щелочно-земельные имеют широкую сырьевую базу: эффузивные горные породы, пуццоланы, многие отходы горнодобывающей отрасли, металлургические шлаки, топливные золы и шлаки, глинистые породы, отходы строительного производства — бой керамического и силикатного кирпича, бетона, силикатного стекла и др. Широка номенклатура и щелочных затворителей, часть которых представлена различными промышленными отходами. В связи с этим развитие их производства позволяет решать как проблему сбережения природных ресурсов, так и экологическую проблему защиты окружающей среды от загрязнений.

К настоящему времени известен значительный объем исследований, разработок и опыта производства и применения широкой номенклатуры строительных материалов на основе щелочных и щелочно-щелочно-земельных вяжущих: рядовых и высокопрочных, нормально-, быстро-, особо быстро- и сверхбыстротвердеющих, безусадочных и расширяющихся, жаростойких, огнеупорных, радиационно стойких, иммобилизирующих радиационные и токсичные отходы, бетонов и изделий на их основе для промышленного, жилищного, гражданского, дорожного, аэродромного, мелиоративного строительства, облицовочных изделий, изготовления форм, инструментов и элементов оборудования [5, 7–9].

Отличительные особенности щелочных и щелочно-щелочно-земельных вяжущих и материалов на их основе в связи с актуальностью решения проблем ресурсо- и энергосбережения и экологии вызвали интерес к ним и привели к широкому развитию их исследований и разработок во многих странах в последние десятилетия. С 60-х по 90-е гг. прошлого века наибольшие объемы исследований и разработок в этой области были проведены в СССР, где киевской научной школой В.Д. Глуховского, П.В. Кривенко был проведен большой объем исследований и разработок грунтоцементов, шлакощелочных вяжущих и бетонов на их основе. Исследования и разработки последних проводились и различными научными школами Российской Федерации. По результатам этих работ было организовано производство и применение в строительстве изделий на их основе широкой номенклатуры и назначения в России, Украине, Казахстане и Узбекистане. После отделения Украины и ее научной школы в России исследованиями и разработкой щелочных и щелочно-щелочно-земельных вяжущих и материалов на их основе занимаются малочисленные коллективы 3–4 вузов. Но именно в последние десятилетия резко возросли ис-

следования и разработки их в других странах: Австралии, Китае, США, Франции, Японии и др.

Прогноз развития производства бетона, в частности в США, до 2020–2030 гг. предусматривает как одно из направлений применение геополимеров [12].

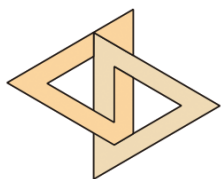
С 1988 г. по настоящее время проведены три международных конференции по геополимерам. В 2011 г. в Брно (Чехия) проведена IV Международная конференция «Нетрадиционные вяжущие и бетоны», которая проводится раз в три года. В этом же году на XIII Международном конгрессе по химии цемента работала секция «Новые цементные матрицы». В Австралии, США, Канаде, Чехии, Финляндии и ряде других стран организовано производство и применение строительной продукции на основе щелочных и щелочно-щелочно-земельных вяжущих.

Нельзя не согласиться с мнением [6], что, несмотря на определенные преувеличенные представления о современном значении геополимеров, очевидна необходимость значительного расширения исследований и разработок в нашей стране щелочных и щелочно-щелочно-земельных вяжущих и материалов на их основе.

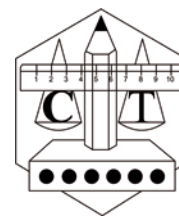
Ключевые слова: устойчивое развитие, бесклинкерные гидравлические вяжущие.

Список литературы

1. *Yamrozy, Z. Beton i jego technologie / Z. Yamrozy — Warszawa: Krakow; PWN.2000. 485 p.*
2. *Ферронская А.В., Малинина Л.А., Волков Ю.С. Производство и применение бетона и железобетона как экологическая доминанта // Бетон и железобетон — пути развития. Научные труды II Всероссийской (Международной) конференции по бетону и железобетону. 5–9 сентября 2005. Москва: в 5 томах. Т. 1. Пленарные доклады. М.: Дипак, 2005. С. 349–360.*
3. *Рахимов Р.З., Магдеев У.Х., Ярмаковский В.Н. Экология, научные достижения и инновации в производстве строительных материалов на основе и с применением техногенного сырья // Строительные материалы. 2009. № 12. С. 8–11.*
4. *Материалы V Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности и производства и применения гипсовых материалов и изделий» / Под ред. Бурьянова А.Ф. Алвиан, 2010. 290 с.*
5. *Глуховский В.Д. Шлакощелочные цементы и бетоны. Киев: Будивельник, 1978. С. 184.*
6. *Корнеев В.И., Брыков А.С. Перспективы развития общестроительных вяжущих веществ. Геополимеры и их отличительные особенности // Цемент и его применение. Март–апрель. 2010. С. 51–55.*
7. *Davidovitz J. Geopolymer. Chemistry and applications. Saint-Quentin: Institute Geopolymer. 2008. 592 pp.*
8. *Калашников В.И. Перспективы развития геополимерных вяжущих // Современное состояние и перспективы развития строительного материаловедения. VIII академические чтения ОСН РААСН. Изд. Самарского госуд. арх.-стр. ун-та. Самара, 2004. С. 193–195.*
9. *Provis J.L. et al. Geopolymers: Structures, Processing, Properties and Industrial applications. Abington: Taylor and Francis, 2009, 454 p.*
10. *Shi C., Krivenko P.V., Roy D. Alkali-activated cements and concretes. First published 2006 by Taylor & Francis 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN, 376 p.*
11. *Вутрувий. Десять книг об архитектуре. М.: Архитектура-С, 2006. 328 с.*
12. *Yardjiro D., Wallah S.E., Sumajouw D.M.J., Rangan B.V. On the development of fly ash-based geopolymer concrete // ACJ Materials Journal. 2004. Vol. 101. № 6. Pp. 467–472.*



25-ЛЕТИЕ КАФЕДРЫ «СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ» ЛИПЕЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



История образования инженерно-строительного факультета в Липецком государственном техническом университете началась в 1961 г., когда на базе вечернего факультета Липецкого филиала Московского института стали и сплавов началась подготовка инженеров-строителей. В 1966 г. была создана кафедра «Промышленное и гражданское строительство» под руководством канд. техн. наук **А.Н. Ерофеева**, который на основе своего богатейшего опыта, приобретенного во время работы в Томском инженерно-строительном институте, профессионально организовал учебный процесс. Базой для становления специальных дисциплин стала лаборатория строительных материалов, созданная в 1966–1971 гг. канд. техн. наук **А.К. Книппенбергом**. В 1986 г. кафедру «Промышленное и гражданское строительство» Липецкого политехнического института возглавил канд. техн. наук **А.Д. Корнеев**, под руководством которого началась работа по организации новой специальности «Производство строительных материалов, изделий и конструкций». По мере подготовки первого набора студентов, проведенного в 1988 г., возникла необходимость организации специальной кафедры «Строительные материалы», возглавил которую **А.Д. Корнеев**. Первый выпуск кафедрой инженеров-строителей-технологов состоялся в 1993 г. Научное направление «Исследования структурообразования, технологии и проектирования составов строительных композиционных материалов специального назначения» на кафедре формировалось при непосредственном участии академика РААСН, д-ра технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ **В.И. Соломатова**.

С момента основания на кафедре подготовлены и защищены 4 докторские и 33 кандидатские диссертации, опубликовано более 500 научных работ, 12 монографий

и учебных пособий, получено 63 патента и авторских свидетельства на изобретения. В настоящее время кафедра успешно работает под руководством д-ра техн. наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, советника РААСН **Александра Дмитриевича Корнеева**.

Основные направления научно-исследовательской работы кафедры: проблемы проектирования и создание композиционных материалов и их применение в строительстве; разработка и проектирование дорожно-строительных материалов и конструкций; разработка ресурсосберегающих технологий и материалов с использованием отходов производств; разработка эффективных тепло- и гидроизоляционных материалов для промышленного и гражданского строительства; исследование проблем создания бетонов для специального строительства; исследование проблем экономики и стратегического управления объектами жилищно-коммунального хозяйства.

С 1988 по 2013 г. кафедрой «Строительные материалы» подготовлено более 350 инженеров. Большинство выпускников кафедры работают в строительной отрасли. Среди них **А.А. Савушкин** – генеральный директор ЗАО «Жигулевские стройматериалы»; **С.В. Сазонов** – технический директор ЗАО «Липецкий силикатный завод»; **М.А. Гончарова** – д-р техн. наук, **П.В. Борков** – канд. техн. наук, доценты Липецкого государственного технического университета; **В.Г. Соловьев** – канд. техн. наук, доцент Московского государственного строительного университета.

Тесная связь с производством, осуществляемая через выпускников, вселяет уверенность, что кафедра и в дальнейшем будет служить подготовке высококвалифицированных кадров, укреплять и преумножать свой потенциал и традиции.

УДК 669.97

М.А. ГОНЧАРОВА, д-р техн. наук, Липецкий государственный технический университет;
Е.М. ЧЕРНЫШОВ, д-р техн. наук, академик РААСН, Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Формирование систем твердения композитов на основе техногенного сырья

Проблема строительной-технологической утилизации техногенных отходов, несмотря на осуществленные научные и инженерные разработки, до сих пор не решена. Неиспользуемые отходы оказываются источниками загрязнения экосистем. Это приводит к закономерному ухудшению качества жизни и параметров биосферно-совместимой безопасной среды обитания человека.

В поле зрения ученых и инженеров оказалась лишь малая часть из техногенных отходов металлургии. В основном все разработки касаются доменных гранулированных шлаков, которые традиционно используются

в цементной промышленности и в производстве строительных материалов и изделий. За пределами рассмотрения оказались грубо-, микро- и нанодисперсные многотоннажные отходы: сталеплавильные шлаки, металлургические шламы, пыли и другие твердые технологические отходы (ТТО), являющиеся потенциально полезными для использования их в производстве строительных материалов, изделий и конструкций.

Все разновидности металлургических отходов прошли путь агрегатного, фазового и вещественного преобразования. Они отличаются химическим, минераль-

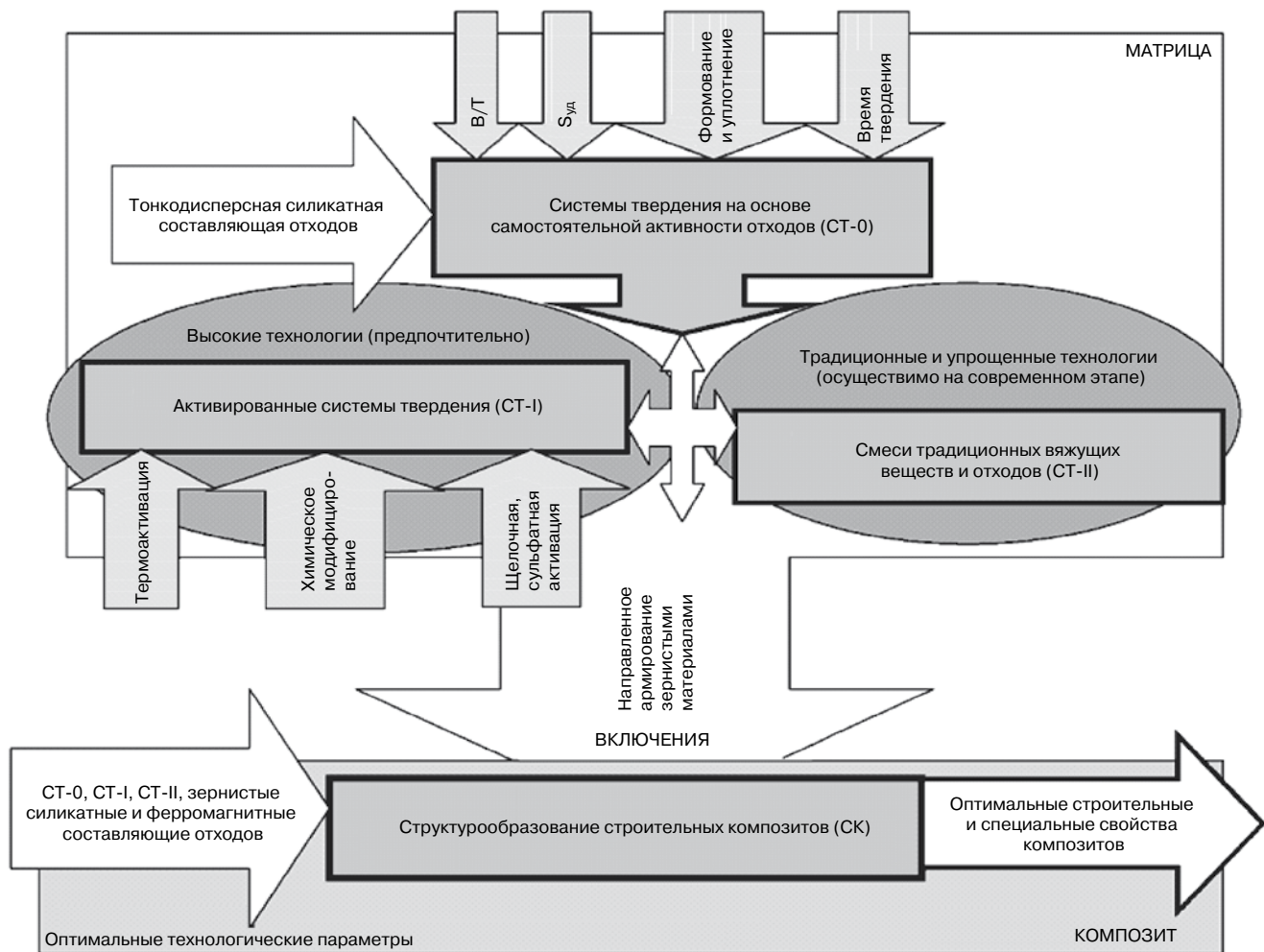


Рис. 1. Механизм вовлечения техногенных продуктов с максимальной эффективностью в структурообразование строительных композитов

ным, морфологическим составом, термодинамическим состоянием. Но все они исходя из теоретических представлений о возможностях синтеза соединений на основе кислотных и щелочных оксидов потенциально эффективны для структурообразования систем твердения и строительных композитов на их основе.

В настоящее время для повсеместного применения многокомпонентных бетонов на основе техногенных продуктов необходимо разработать принципы управления структурой и свойствами, учитывающие особенности такого сырья. Центральным вопросом при этом является механизм структурообразования и разработка технологии эффективных строительных композитов на основе отходов металлургии.

Для проектирования составов композитов общестроительного назначения (сухих строительных смесей, мелкозернистых цементных, силикатных и асфальтовых бетонов) предлагается вовлечь силикатную (неметаллическую) составляющую конвертерных шлаков и других отходов металлургии в структурообразование систем твердения. При этом предполагается возможность использования самостоятельной активности микро- и наноразмерных частиц отходов, образующих новые аморфные и кристаллические фазы «стартовых» систем твердения нулевого порядка (СТ-0) за счет их химико-минералогического потенциала (рис. 1).

Механизм твердения (гидратационный, контактно-конденсационный и др. природы) может активироваться с помощью целенаправленных высокотехнологичных приемов, в том числе механохимическими

методами с получением систем твердения первого порядка СТ-I.

В то же время активность отходов может быть использована в смесях с традиционными вяжущими веществами, воссоединение структур которых формируется за счет нормально-протяженной контактной зоны с образованием диффузных взаимопроникающих структур (системы твердения второго порядка (СТ-II)). При этом предполагается получение матриц, обладающих специальными свойствами – жаростойкостью (на основе цементных вяжущих и доменных шлаков, отсевов шамота и гидрата глинозема) и герметизирующими свойствами (за счет наполнения эпоксидных полимеров металлической составляющей конвертерных шлаков и использования их ферромагнитных свойств в магнитных композициях).

Сочленение матриц СТ-I и (или) СТ-II с зернистыми техногенными материалами образует системы структурообразования композитов общестроительного и специального назначения (СК).

На основе прогноза строительного-технологического потенциала отходов металлургии установлено, что они могут служить основой для формирования систем твердения. Анализ работ по кристаллохимии, термодинамике, идеи В.Ф. Журавлева о проявлении вяжущих свойств соединениями щелочно-земельных металлов с различными оксидами, исследования школ П.И. Боженова, Ю.М. Бутта, А.В. Волженского доказали, что техногенные отходы металлургии могут применяться для синтеза цементующих веществ и формирования систем твердения [1].

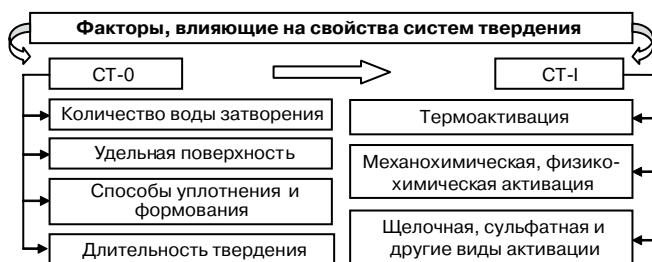


Рис. 2. Способы воздействия на системы твердения на основе отходов металлургии

Под системами твердения (СТ) понимали результат получения камневидного состояния как следствие структурообразования в смесях, подвергаемых технологическому воздействию. При этом СТ характеризуются:

- способностью к образованию безводных или частично обезвоженных соединений, которые могут взаимодействовать с водой;
- способностью к коллоидному диспергированию и созданию пересыщенных систем с последующим образованием при этом твердеющих с течением времени пластических паст;
- прочностью и стойкостью вновь созданных структур, последовательность и предпочтительность которых определяются наибольшей термодинамической вероятностью их возникновения.

С целью формирования СТ на основе отходов систематизированы основные факторы, определяющие свойства таких материалов и составлена система факторов управления и регулирования строительно-технических свойств СТ (рис. 2).

С целью экспериментального подтверждения возможности проявления вяжущих свойств крупнотоннажными отходами металлургии при взаимодействии с водой (использование гидратационного механизма структурообразования), были определены прочностные свойства систем отход–вода.

Установлено, что самостоятельная активность конвертерных шлаков (не превышающая 9 МПа) реализуется за счет баланса кислотных и щелочных оксидов, а также в результате взаимодействия с водой активных составляющих шлака – двухкальциевого силиката β-модификации (ларнита) и четырехкальциевого алюмоферрита [2]. Разработаны оптимальные составы матричных компонентов строительных композитов с учетом настоящего уровня переработки отходов и потенциально возможного в будущем на основе анализа свойств, проявленных системами твердения разного уровня.

При этом выявили, что средняя прочность систем твердения из конвертерных шлаков в возрасте двух лет увеличивается в среднем на 30% по сравнению с результатами в 28-суточном возрасте твердения.

Для активации конвертерных шлаков, относящихся к основным (модуль основности достигает 2,8), может быть эффективно использована его механохимическая обработка совместно с аспирационной пылью ферросплавного производства, имеющей коэффициент основности 0,1.

Получены системы твердения разного уровня с прочностной активностью от 3 до 43 МПа, в синтезе которых используются различные приемы, от активации вяжущих свойств техногенного сырья до механического смешивания с традиционными вяжущими веществами, на основе конвертерных шлаков и других отходов металлургии, позволяющие применять их в широком спектре строительных композитов [3, 4].

В системах твердения оптимального состава, полученных путем совместного помола конвертерных шлаков до экономически обоснованной площади удельной

поверхности 300 м²/кг с суперпластификаторами и нанодисперсными минеральными добавками, снижается межзерновая пустотность частиц вяжущего и повышается реакционная способность шлаков.

Установлена эффективность наполнения и модифицирования цементных вяжущих тонкодисперсными конвертерными шлаками и нанодисперсными пылями ферросплавного производства, заключающаяся в возможности замены цемента в составе композиционного вяжущего до 80%; обеспечении более глубокого взаимодействия компонентов с гидроксидом кальция, выделяющимся при гидратации клинкерных минералов цемента; повышении эксплуатационных характеристик.

Ключевые слова: системы твердения строительных композитов, техногенное сырье, структура, активация, конвертерные шлаки.

Список литературы

1. Шмитько Е.И., Титова М.В. Управление структурой дисперсно-зернистых материалов с учетом дисперсности и внутренних сил // Строительные материалы. 2007. № 8. С. 72–73.
2. Гончарова М.А. Системы твердения и строительные композиты на основе конвертерных шлаков. Воронеж: ВГАСУ, 2012. 136 с.
3. Гончарова М.А. Использование конвертерных шлаков в производстве материалов для дорожного строительства // Строительные материалы. 2009. № 7. С. 26–28.
4. Гончарова М.А., Бондарев Б.А., Корнеев А.Д. Кристаллические металлургические шлаки в дорожном строительстве // Строительные материалы. 2009. № 11. С. 23–26.



В.И. Корнеев, П.В. Зозуля

СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ

СОСТАВ, СВОЙСТВА

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2010. – 320 с.

Изложены основы современных представлений о сухих строительных смесях и растворах.

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

Допущено учебно-методическим объединением в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

Стоимость одного экземпляра 900 р. без учета доставки

По вопросам приобретения книги обращаться по тел./факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36
E-mail: mail@rifsm.ru

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")



**ИЗМЕРИТЕЛИ
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"

стационарный
и зондовый режимы



диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

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



**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 ПЛОТНОСТИ
ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ**

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



ИТП-МГ4.03 "Поток"

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

диапазон 10...999 Вт/м²
-40...+70 °С



ТЕРМОМЕТРЫ

ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01

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



**ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ
АРМАТУРЫ**

ДО-40 / 60 / 80МГ4

метод поперечной оттяжки

диапазон контролируемых
усилий 2...120 кН

диаметр
арматуры 3...12 мм



**ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ
В АРМАТУРЕ**

ЭИН-МГ4

частотный метод

диаметр
арматуры 3...32 мм

диапазон 100...1800 МПа



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

П.В. БОРКОВ, канд. техн. наук; А.Д. КОРНЕЕВ, Б.А. БОНДАРЕВ, доктора техн. наук, М.Ф. МЕЛЕШКИН, инженер, Липецкий государственный технический университет

Долговечность композиционных материалов на основе фурфуролацетонного мономера

Проблема долговечности строительных материалов является особенно важной в условиях повышения конкурентоспособности продукции отечественных производителей. В связи с этим у исследователей не ослабевает интерес к вопросам прогнозирования поведения строительных материалов во времени [1–3]. Особое место среди них занимают материалы на основе высокомолекулярных соединений, полимеров [4].

Широкое применение полимерных композиционных материалов в строительстве зачастую ограничивается из-за сложности прогнозирования их напряженно-деформированного состояния во времени при длительном и кратковременном нагружении. Имеющиеся в настоящее время методы прогнозирования для материалов кристаллического строения и полимеров не всегда применимы к композитам.

В общей теории искусственных композиционных конгломератов под долговечностью понимают способность материала сохранять достаточно продолжительное время на допустимом уровне структурные параметры. В общем случае под структурой материала понимают совокупность устойчивых связей, обеспечивающих его целостность, то есть сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних изменениях. В композиционном материале после его изготовления имеются как напряженные связи, характеризующие общий уровень внутренних напряжений, так и разорванные связи. Баланс между количеством напряженных и разорванных связей определяет процесс разрушения материала. Разрыв напряженных связей происходит под влиянием внешних факторов со скоростью, определяемой константой:

$$\alpha = Ae^{\frac{W}{kT}}, \quad (1)$$

где A – константа; W – энергия активации процесса разрыва связи; k – постоянная Больцмана; T – температура.

Константа скорости процесса образования новых напряженных связей равна:

$$\beta = Be^{\frac{U}{kT}}, \quad (2)$$

где B – константа; U – энергия активации процесса образования новых напряженных связей.

В свою очередь, разрыв напряженных связей способствует снижению внутренних напряжений и появлению в результате перераспределения внешней нагрузки новых напряженных связей. Динамика совместного изменения числа напряженных и разорванных связей описывается системой уравнений (3), из которой по начальным значениям числа разорванных N_b и числа напряженных N_s связей определяется их количество в любой момент времени:

$$\begin{cases} \frac{dN_b}{dt} = \alpha N_b N_s \\ \frac{dN_s}{dt} = (\beta - \alpha N_b) N_s \end{cases}, \quad (3)$$

где $\frac{dN_b}{dt}$ – изменение числа разорванных связей во времени; α – константа скорости разрыва напряженных

связей; β – константа скорости процесса образования новых напряженных связей; $\frac{dN_s}{dt}$ – изменение числа напряженных связей во времени.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что с течением времени в композиционном материале под действием внешних факторов происходит периодическое изменение числа перенапряженных и разорванных связей [5].

Вместе с тем в соответствии с кинетической концепцией прочности разрушение твердого тела рассматривается не как критическое событие, а как временной процесс постепенного накопления разрушений в виде разорванных структурных связей. Механическое воздействие, приложенное к телу, не вызывает критического распада всех межатомных связей, а лишь деформирует их, подготавливая к разрыву. Непосредственно разрыв связей осуществляется с помощью флуктуаций, вызванных движением структурных частиц. Поэтому можно выделить две основные стадии процесса разрушения: возмущение межатомных связей под влиянием механической нагрузки и последовательный во времени процесс разрыва механически напряженных связей тепловыми флуктуациями, периодически возникающими в результате теплового движения частиц [6].

Наиболее распространенный метод прогнозирования долговечности, основанный на теории С.Н. Журкова, предусматривает анализ термофлуктуационного разрыва связей при их напряжении. Разрывы связей происходят главным образом в областях, расположенных вблизи вершин микротрещин. Разрушение представляет собой процесс, развивающийся в композиционном материале с момента приложения нагрузки. Также известен подход к прогнозированию долговечности с привлечением термодинамических представлений [7]. С точки зрения термодинамики прогнозировать долговечность можно, с помощью матрицы термодинамических коэффициентов и теплоемкости в уравнении С.Н. Журкова. Поэтому за основу предлагается брать уравнение долговечности, имеющее вид:

$$\tau = \frac{\tau_0}{m_l} \cdot \exp \left(\left(\frac{\epsilon_* - \frac{\sigma \cdot \chi_n}{E}}{\alpha_\sigma \cdot R \cdot T} \right) \right) \cdot c, \quad (4)$$

где τ – долговечность; τ_0 – время, близкое к периоду колебаний атомов в твердых телах; m_l – переводной коэффициент по времени; ϵ_* – относительное удлинение, при котором связь теряет устойчивость; α_σ – коэффициент линейного расширения; χ_n – коэффициент локального перенапряжения связи; E – модуль упругости; T – абсолютная температура; c – теплоемкость; R – универсальная газовая постоянная.

Согласно полиструктурной теории напряженное состояние композиционных строительных материалов под действием внешних или собственных усилий следует рассматривать как интегральный результат воздействий на уровне микро- и макроструктуры. Долговечность композитов при этом реализуется при оптимальном сочета-

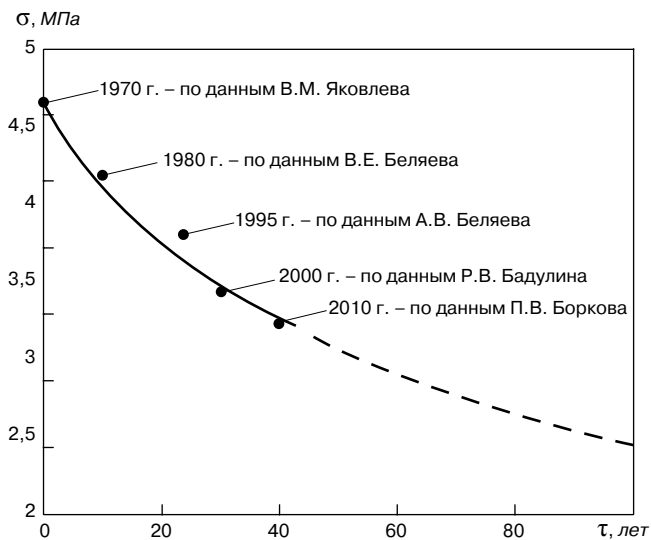


Рис. 1. Изменение прочности фурфуролацетонового композиционного материала во времени

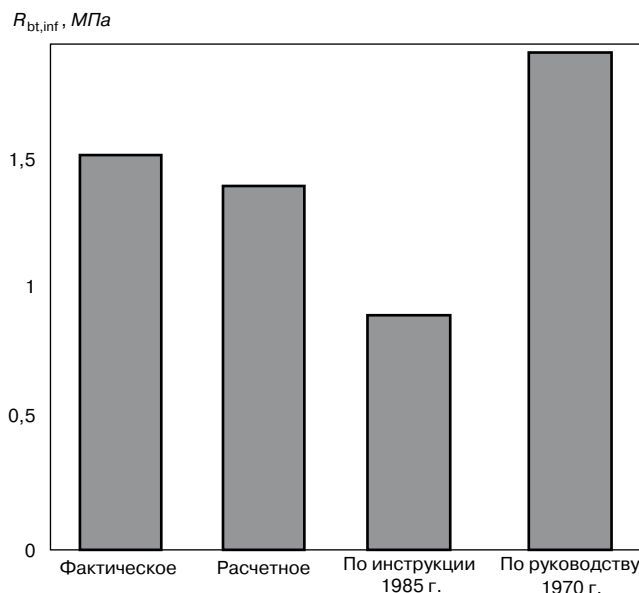


Рис. 2. Прогнозируемое длительное сопротивление фурфуролацетонового композиционного материала на растяжение в возрасте 40 лет

нии показателей химического и биологического сопротивления микро- и макроструктуры [8].

Под действием длительно приложенных нагрузок механические свойства полимерных композиционных материалов претерпевают существенные изменения. Причиной таких изменений является ползучесть материала под нагрузкой, в результате чего деформативность возрастает, а прочность снижается. Для того чтобы судить о механических свойствах полимерных композитов и иметь определенные гарантии надежности их работы в изделиях, обычно проводят испытания образцов при длительно действующей статической нагрузке, то есть исследуют ползучесть [9].

Введение в уравнение (4) термодинамических коэффициентов позволяет перейти от исследования долговечности с помощью характеристик микроструктуры к изучению на основе характеристик макроуровня.

Для композиционных материалов на основе фурфуролацетонового мономера указанный метод прогнозирования при заданных коэффициентах, характеризующих свойства материала, такие как модуль упругости,

коэффициент линейного расширения и теплоемкость, позволяет определить долговечность, не проводя длительных испытаний. Долговечность композиционного материала на основе фурфуролацетонового мономера можно определить по известной температуре эксплуатации и прикладываемому напряжению. Все оставшиеся параметры вводятся в формулу долговечности в виде векторов, зависящих от напряжения и температуры.

Анализ результатов испытаний образцов фурфуролацетонового композита в разные периоды времени, графически представленный на рис. 1, позволяет выделить несколько временных интервалов. Результаты экспериментальных исследований образцов фурфуролацетонового композита в возрасте 40 лет и нахождение расчетного длительного сопротивления на растяжение показывает, что он составляет в этом временном интервале 1,53 МПа. Величина расчетного сопротивления по термодинамической методике составила 1,48 МПа, по инструкции 1985 г. (Инструкция по проектированию зданий и сооружений из армополимербетона. М.: ЦНИИЦветмет, 1985. 128 с.) – 0,8 МПа, по руководству 1970 г. (Руководство к расчету и применению конструкций из армополимербетонов в строительстве. М.: НИИЖБ, 1970. 115 с.) – 1,87 МПа (рис. 2).

Анализируя прогнозируемые величины длительных сопротивлений, представленные на рис. 2, можно сказать, что информация, приведенная в нормативных документах, недостаточно точна. Экспериментальные данные о прочности и длительном сопротивлении свидетельствуют о том, что с использованием методики, основанной на термодинамических представлениях, можно наиболее точно устанавливать величины механических свойств полимерных композиционных материалов в любой период эксплуатации.

Ключевые слова: полимерный композиционный материал, длительная прочность, долговечность.

Список литературы

1. Кочетков С.И., Снисарь В.П., Даценко Б.М. Оценка долговечности керамического кирпича // Строительные материалы. 2010. № 1. С. 34–36.
2. Овчинников И.Г. Долговечность железобетонных конструкций транспортных сооружений // Строительные материалы. 2011. № 2. С. 60–62.
3. Рапопорт П.Б., Рапопорт Н.В., Кочетков А.В., Васильев Ю.Э., Каменев В.В. Проблемы долговечности цементных бетонов // Строительные материалы. 2011. № 5. С. 38–41.
4. Завьялов М.А., Завьялов А.М. Оценка долговечности материала дорожного асфальтобетонного покрытия: энергетический и деформационный подходы // Строительные материалы. 2011. № 6. С. 34–35.
5. Прошин А.П., Королев Е.В., Болтышев С.А. Сверхтяжелые серые бетоны для защиты от радиации. Пенза: ПГУАС, 2005. 224 с.
6. Козомазов В.Н., Бобрышев А.Н., Корвяков В.Г., Соломатов В.И. Прочность композитных материалов. Липецк: НПО «Ориус», 1995. 112 с.
7. Корнеев А.Д., Бадулин Р.В., Борков П.В. Прогнозирование долговечности фурановых композитов и определение расчетных длительных сопротивлений на растяжение различными методами // Материалы VII академических чтений РААСН. Белгород, 2001. Ч. 1. С. 263–265.
8. Соломатов В.И., Селяев В.П. Химическое сопротивление композиционных строительных материалов. М.: Стройиздат, 1987. 264 с.
9. Корнеев А.Д., Потапов Ю.Б., Соломатов В.И. Эпоксидные полимербетоны. Липецк: ЛГТУ, 2001. 181 с.

А.В. КОМАРИЧЕВ, инженер (kaf-st@stu.lipetsk.ru), М.А. ГОНЧАРОВА, д-р техн. наук, В.В. КРОХОТИН, студент, Липецкий государственный технический университет

Сухие строительные смеси с использованием отходов металлургического производства

Целесообразность замены в строительстве традиционных материалов на сухие строительные смеси — материалов полной заводской готовности — подтверждена долготелней зарубежной и отечественной практикой строительства. Актуальной задачей в настоящее время является минимизация затрат при производстве сухих смесей с соблюдением требований к строительно-техническим свойствам материалов за счет использования местных материалов и отходов металлургической промышленности [1].

Раствор из сухих строительных смесей является мелкозернистым бетоном, особенностями которого являются однородность, высокое содержание цемента, высокая пористость, высокая удельная поверхность твердой фазы и др. В состав таких многокомпонентных систем входят высококачественные цементы, фракционированный песок, минеральные наполнители, а также модифицирующие добавки.

Известно, что применение крупнотоннажных техногенных материалов в составах сухих смесей решает сразу несколько задач: оптимизирует расход вяжущего; улучшает функциональные свойства, такие как истираемость, теплопроводность, долговечность и др. [2].

Задача, которая была решена на первом этапе, — систематизация подходов к выбору среди отходов металлургии комплексных добавок в цемент и получению на их основе смешанных вяжущих.

Исследованы составы, в которых содержание портландцемента ЦЕМ I 42,5Н оставалось постоянным — 60%, а изменялось количество и сочетание отходов металлургии. Представленные на рисунке данные позволили использовать конвертерные шлаки в качестве активной минеральной добавки в цемент. Оптимальным оказалось сочетание шлаковой пемзы и конвертерных шлаков, системы твердения на основе которых показали прочность 45,3 МПа. Методами электронного микроскопического исследования и рентгеноструктурного анализа установлено, что в системе цемент—песок наблюдается зональное расположение продуктов гидратации, а в системе цемент — шлак отмечается равномерное распределение гидратосиликатных фаз и отсутствие портландита как самостоятельной фазы.

О возможности применения конвертерных шлаков в качестве мелкого заполнителя можно судить по результатам испытания строительных растворов по ГОСТ 310.4—81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии». Образцы твердели как в воздушно-влажных, так и в водных условиях. В составах соотношение цемент:песок было выбрано как 1:4; 1:5; 1:6,4 соответственно для получения растворов марок 300, 200, 150 и 100.

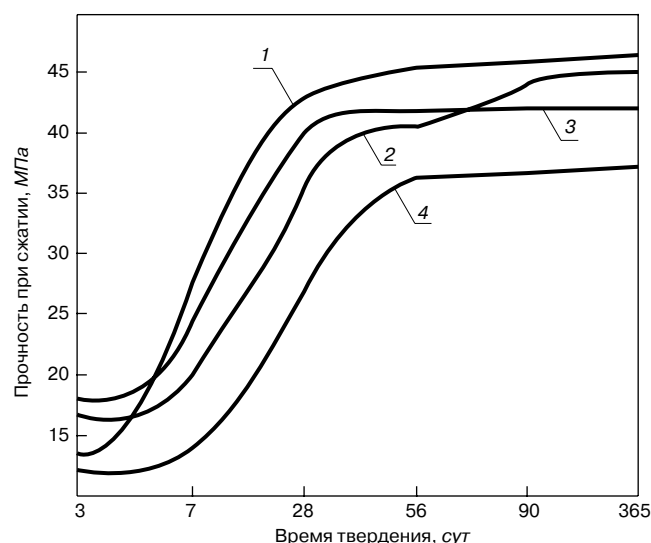
Результаты физико-механических испытаний показали, что прочность при сжатии образцов на техногенном песке из конвертерных шлаков ниже, чем прочность образцов на стандартном кварцевом песке. При этом особое значение имеет выбор условий твердения: прочность оптимального состава составила в водных условиях 25 МПа, а в воздушно-влажных — 19,5 МПа, тогда как образцы с использованием Вольского песка имели прочность соответственно 56,4 и 52,2 МПа. Увеличение со-

держания шлакового песка до соотношения 1:6,4 снижает прочность образцов до 15,8 МПа в водных условиях и до 14,9 МПа в воздушно-влажных условиях.

Как известно, в мелкозернистом бетоне большую роль играет гранулометрический состав песков: более мелкие пески увеличивают расход воды и снижают прочность. Тестирование и анализ структурообразующей роли конвертерных шлаков показали различие фазового состава отдельных фракций. Поэтому было решено изучить влияние шлаковых частиц разных фракций в различных условиях твердения. Отношение расхода шлака по отношению к цементу ЦЕМ I 42,5 Н было выбрано как 1:3, 1:4, 2:1, 1:1. Были использованы следующие режимы твердения: твердение во влажных условиях при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и тепловлажностная обработка бетонов (ТВО) при температуре $90 \pm 5^\circ\text{C}$ (4 ч изотермической выдержки).

Варьируя фракционный состав конвертерных шлаков, соотношение Ц:П, В/Ц и другие факторы, получили строительные растворы марки 300. При этом применяемый в качестве мелкого заполнителя конвертерный шлак имел следующий фракционный состав: 2,5–1,25 мм — 35%; 0,63–0,314 мм — 40%; <0,34 мм — 25%. Оптимальное водоцементное отношение 0,83, а отношение цемента к песку — 4:1.

На следующем этапе проектировали составы смесей для наливных полов. В современных условиях полы с использованием самонивелирующихся стяжек обладают высокой текучестью (расплав конуса должен быть 210–230 мм) в течение 10–30 мин и способностью к самостоятельному выравниванию под действием собственного веса. Это существенно упрощает процесс создания напольной основы, даже если наливные полы укладываются на больших площадях.



Кинетика набора прочности цементно-шлаковыми композициями: 1 — шлаковой пемзы (20%) и конвертерных шлаков (20%); 2 — гранулированных шлаков (20%) и конвертерных шлаков (20%); 3 — гранулированных шлаков (40%); 4 — конвертерных шлаков (40%)

Использовались цемент и тонкодисперсная смесь (удельная поверхность $300 \text{ м}^2/\text{г}$) конвертерного шлака и шлаковой пемзы, конвертерный шлак фракции 0–0,315, кварцевый песок фракции 0,5–0,9 мм и модифицирующие добавки – эфир целлюлозы, суперпластификатор, антивспениватель. Отсевы литого шлакового щебня фракции 3–5 мм вводились во все составы в количестве 10%.

В результате определены оптимальные расходы компонентов смеси: комбинированное вяжущее (цемент ЦЕМ I 42,5 Н – 30%; шлаковая смесь удельной поверхности $350 \text{ м}^2/\text{кг}$ – 15%), песок из конвертерных шлаков в количестве 10%, расход кварцевого песка – 35% и отсевов из литого шлакового щебня – 10%, эфир целлюлозы (Walocel мт 400 PFV) – 0,01%, суперпластификатор MELFLUX – 0,9%, антивспениватель (AGITAN P800 6003) – 0,09%.

Разработанные оптимальные составы обладают следующими свойствами, влияющими на функциональную эффективность смесей для полов: влажность 0,2%, наибольшая крупность зерен заполнителя 3–5 мм, подвижность 17 см, сохранность первоначальной подвижности 46 мин, водоудерживающая способность 96%. Прочность затвердевшего раствора составляет 25,4 МПа, водопоглощение – 14%, деформация усадки – 0,8 мм/м. Полученные данные соответствуют ГОСТ 31357–2007 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия» и ГОСТ 31358–2007 «Смеси сухие строительные напольные на цементном вяжущем. Технические условия» и другим действующим нормативным документам, что позволяет рекомендовать разработанные составы для апробирования в промышленных условиях [3].

При выполнении отделочных работ большую часть занимают штукатурные работы. Повышение требований по теплопроводности диктует необходимость в получении штукатурных теплоизоляционных растворов на основе отсевов перлита и пеностекла с оптимальными физико-механическими характеристиками.

Выбор факторов и параметров оптимизации проводился исходя из технологической и экономической целесообразности. При планировании эксперимента в качестве таких факторов были приняты: расход смешанного вяжущего (состав которого был оптимизирован в первой части эксперимента); расход отсевов перлита (перлитовый песок с зернами белого или серого цвета размером 0,1–5 мм с воздушными замкнутыми порами; плотность перлитового песка $100\text{--}250 \text{ кг}/\text{м}^3$, пористость до 90%, теплопроводность в сухом состоянии $0,046\text{--}0,071 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) и отсевов пеностекла (плотность $490 \text{ кг}/\text{м}^3$, теплопроводность $0,045\text{--}0,01 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, водопоглощение менее 10%), являющихся техногенными продуктами, а также состав и расход модифицирующих добавок. Модифицирующие добавки (эфиры целлюлозы, редуцируемые порошки, порообразователи, загустители на базе эфира крахмала, гидрофобизаторы), как известно, увеличивают растекаемость и пластичность растворной смеси, снижают седиментацию, повышают прочность сцепления с основанием, износо- и морозостойкость, регулируют усадку. В данном случае в качестве добавок использованы добавки зарубежных производителей.

Для обеспечения более точного описания поверхностей откликов свойств теплоизоляционной штукатурной смеси в зависимости от варьируемых факторов в виде полиномов второй степени было применено ортогональное центральное композиционное планирование, в результате проведения которого найден оптимальный состав штукатурной теплоизоляционной смеси (комбинированное вяжущее – 63,5%; отсевы пеностекла – 35%, комплекс модифицирующих добавок – 1,5%), который обеспечивает коэффициент теплопроводности штукатурного раствора $0,162 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{°C})$ без

значительного снижения прочности при сжатии ($R_{\text{сжат}}=3,5 \text{ МПа}$) при оптимальном значении плотности смеси ($\rho=590 \text{ кг}/\text{м}^3$). Водоудерживающая способность при этом составила 90%, а прочность сцепления с основанием – 0,3 МПа.

Таким образом, на основании проведенных исследований показана возможность применения в составах сухих строительных смесей отходов производства, предложена технология производства таких материалов, а также разработаны рекомендации по применению шлаковых отходов в составах сухих смесей для наливных полов и для теплоизоляционных смесей. Проведен выпуск полупромышленной партии сухих смесей на ОАО «Завод Железобетон» (Липецк), а их апробация осуществлена на строительных объектах Липецка.

Ключевые слова: сухие строительные смеси, отходы производства, конвертерный шлак, теплоизоляционные штукатурки, наливные полы.

Список литературы

1. *Беляев Е.В.* Контрафактная продукция на российском рынке ССС // Строительные материалы. 2013. № 3. С. 50–52.
2. *Копейкин А.В., Гончарова М.А.* Составы сухих строительных смесей для устройства безыскровых полов с использованием отходов местной промышленности // Наука и инновации в строительстве: материалы международного конгресса. Т. I. Современные проблемы строительного материаловедения и технологии. Кн. 1. 2008. С. 241–245.
3. *Гончарова М.А.* Системы твердения и строительные композиты на основе конвертерных шлаков. Воронеж: ВГАСУ, 2012. 136 с.

ГОТОВИТСЯ К ВЫХОДУ КНИГА Защита деревянных конструкций

Автор – А.Д. Ломакин, канд. техн. наук, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

В книге приведены результаты исследований, проведенных автором и разработанные им рекомендации по конструкционной и химической защите деревянных конструкций. Большое внимание уделено защите несущих ДКК и конструкций из ЛВЛ от эксплуатационных воздействий и возгорания.

Приведены известные и разработанные автором методы оценки защитных свойств покрытий для древесины, методика и результаты натуральных климатических испытаний покрытий на образцах и фрагментах конструкций. Описаны 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 влажности древесины с использованием модельных образцов. В книге также уделено внимание вопросам эксплуатации деревянных конструкций и обеспечению их сохранности при транспортировании, складировании на строительной площадке и проведении монтажных работ.

Книга рассчитана на специалистов и научных работников, работающих в области защиты деревянных конструкций, технологов предприятий по производству ДКК и заводов деревянного домостроения, сотрудников проектных организаций и преподавателей вузов. Она может быть полезна также и для организаций, занимающихся строительством зданий и сооружений с применением деревянных конструкций.

Формат книги 165×235 мм, 428 стр.
Ориентировочная цена 700 р.,
цена по предварительной заявке 550 р.
Срок выхода книги июль 2013 г.

Заявки для приобретения направлять по тел./факсу: (499) 976-20-36, 976-22-08
E-mail: mail@rifsm.ru

Р.К. САДЫКОВ, канд. географ. наук, заместитель директора по науке,
Г.Н. БИРЮЛЕВ, канд. геол.-мин. наук, Ф.В. СЕМЕНОВ, инженер, Центральный
научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых (Казань)

Нерешенные вопросы минерально-сырьевого обеспечения песчано-гравийным сырьем строительного комплекса в современной России

В феврале 2013 г. исполнилось 10 лет со дня выхода распоряжения № 47-р от 07.02.2003 г. Государственной геологической службы Российской Федерации о «Временных методических рекомендациях по подготовке и рассмотрению материалов, связанных с формированием, согласованием и утверждением региональных перечней полезных ископаемых, относимых к общераспространенным» (далее Распоряжение), которое имеет силу и по настоящее время. Мотивирующим основанием, которым руководствуются органы исполнительной власти Российской Федерации и ее субъектов при формировании региональных перечней полезных ископаемых, относимых к общераспространенным, является «анализ количества и качества запасов полезных ископаемых, учтенных государственным (сводным территориальным) балансом, с учетом текущих потребностей местного рынка в годовой продукции и инфраструктура района».

Словосочетанием «местный рынок и инфраструктура района» в этих рекомендациях на 10 лет отодвинуло государственное геологическое изучение территории страны на так называемые «общераспространенные полезные ископаемые» и отсутствие его финансирования как из федерального бюджета, так и из бюджетов субъектов РФ, несмотря на то, что именно последние составляют экономическую основу развития страны.

О необходимости пересмотра государственных позиций относительно геологического изучения недр на общераспространенные полезные ископаемые неоднократно говорилось в выступлениях на круглых столах среди делегатов VI (2008 г.) и VII (2012 г.) Всероссийских съездов геологов, а также в отдельных публикациях в специализированных научных журналах [1–5].

Совокупная задолженность субъектов РФ федеральному центру по данным Счетной палаты на 01.01.2013 г. составляет 1,36 трлн. р., около 60% регионов не могут рассчитаться с долгами, так как не в состоянии обеспечить бюджетные обязательства. Социально-экономическое развитие в этих субъектах РФ осуществляется за счет трансфертов, дотаций и кредитов. В настоящее время 36 субъектов РФ имеют накопленный долг, превышающий 40% налоговых и неналоговых доходов соответствующих бюджетов. В перспективе ожидается постепенное сокращение финансовой помощи субъектам РФ из федерального бюджета до 12% к 2020 г. вместо 18% в настоящее время, что требует выбора направлений покрытия ожидаемого дефицита финансовых средств [6].

Как известно, начиная с 2005 г. по настоящее время финансирование геологоразведочных работ в стране осуществлялось в соответствии с «Долгосрочной государственной программой изучения недр и воспроизвод-

ства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья», утвержденной МПР России, которая в 2008 г. актуализирована приказом № 155 Минприроды России. Реализация программных мероприятий позволила инициировать воспроизводство минерально-сырьевой базы федерально значимых (высоколиквидных, дефицитных) видов полезных ископаемых, исключая общераспространенные. Субъектами РФ за счет собственных средств не проводились геологоразведочные работы на общераспространенные полезные ископаемые, вследствие отсутствия защищенных строк в бюджетах, это нельзя считать правильным решением. Фактически это означает, что государственный бюджет остался в стороне от финансирования геологоразведочных работ на общераспространенные полезные ископаемые, что противоречит принципам устойчивого развития территорий различного уровня.

Геологоразведочные работы на общераспространенные виды полезных ископаемых в последние 10–15 лет проводились исключительно субъектами предпринимательской деятельности – недропользователями, только для коммерческих целей. Лицензии, выданные недропользователям на добычу или на совмещенные разведку и добычу, многократно превышают число лицензий на геологическое изучение, разведку, добычу и геологическое изучение без права добычи. Это полностью подтверждают данные, приведенные в таблице по состоянию лицензирования на строительные пески и песчано-гравийные материалы по Приволжскому федеральному округу. Вызывает озабоченность тот факт, что со стороны предпринимательского сообщества почти не ведутся наиболее рискованные стадии геологоразведочного процесса, позволяющие оценить прогнозный потенциал территорий и объектов недр. Эти действия со стороны предпринимателей могут в перспективе привести к резкому ухудшению состояния минерально-сырьевой базы на пески и песчано-гравийные материалы.

Среди 24 видов полезных ископаемых, относимых к общераспространенным (из Распоряжения), имеются виды ограниченного применения либо многоцелевого использования, причем первая видовая группа значительно превосходит вторую.

В группу многоцелевого использования включены следующие виды песчаного и песчано-гравийного сырья: галька, гравий, валуны, пески, песчано-гравийные, гравийно-песчаные, валунно-гравийно-песчаные, валунно-глыбовые породы, которые по отношению к другим видам общераспространенных полезных ископаемых выделяются значительными объемами добычи горных пород и наибольшим количеством эксплуатируемых месторождений.

Таблица

Состояние лицензирования недропользования на песчано-гравийные материалы и строительные пески по субъектам РФ на территории Приволжского федерального округа по состоянию на 01.01.2011 г.

Субъекты РФ, виды сырья	Количество действующих лицензий				В том числе вновь выданных или переоформленных в 2010 г.
	Всего	из них			
		Добыча или разведка и добыча (ТЭ)	Геологическое изучение, разведка и добыча (ТР)	Геологическое изучение без права добычи (ТП)	
Республика Башкортостан					
Песчано-гравийные материалы	62	62	-	-	27
Песок для строительных работ	7	7	-	-	4
Песчано-гравийные материалы и песок для строительных работ	16	16	-	-	5
Кировская область					
Песчано-гравийные материалы	27	27	-	-	2
Песок для строительных работ	4	4	-	-	-
Республика Марий Эл					
Песок для строительных работ	31	31	-	-	10
Республика Мордовия					
Песок для строительных работ	26	23	1	2	-
Нижегородская область					
Песчано-гравийные материалы	2	2	-	-	-
Песок для строительных работ	31	31	-	-	2
Оренбургская область					
Песчано-гравийные материалы	38	24	14	-	1
Песок для строительных работ	14	7	7	-	1
Пензенская область					
Песок для строительных работ	58	21	37	-	1
Пермский край					
Песчано-гравийные материалы	40	34	6	-	12
Песок для строительных работ	25	22	3	-	7
Самарская область					
Песчано-гравийные материалы	1	1	-	-	-
Песок для строительных работ	25	25	-	-	5
Саратовская область					
Песок для строительных работ	52	35	17	-	-
Республика Татарстан					
Песчано-гравийные материалы	62	49	13	-	1, кроме того, на геологическое изучение, разведку и добычу, но запасы не утверждены - 1
Песок для строительных работ	16	15	1	-	2, кроме того, на геологическое изучение, разведку и добычу, но запасы не утверждены - 1
Пески и песчано-глинистые материалы	21	16	5	-	-
Удмуртская Республика					
Песчано-гравийные материалы	20	10*	10**	-	2
Ульяновская область					
Песчано-гравийные материалы	5	5	-	-	1
Песок для строительных работ	17	17	-	-	-
Чувашская Республика					
Песок для строительных работ	28	16	12	-	3
Всего по Приволжскому ФО					
Песчано-гравийные материалы	257	214	43	-	43, кроме того, на геологическое изучение, разведку и добычу, но запасы не утверждены - 1

Субъекты РФ, виды сырья	Количество действующих лицензий				В том числе вновь выданных или переоформленных в 2010 г.
	Всего	из них			
		Добыча или разведка и добыча (ТЭ)	Геологическое изучение, разведка и добыча (ТР)	Геологическое изучение без права добычи (ТП)	
Песок для строительных работ	334	254	78	2	23, кроме того, на геологическое изучение, разведку и добычу, но запасы не утверждены – 2
Песчано-гравийные материалы и песок для строительных работ	16	16	–	–	5
Пески и песчано-глинистые материалы	21	16	5	–	–

Примечание: * – 6 лицензий ТЭ и 4 – СЭ; ** – 6 лицензий ТР и 4 – СР.

В структуре государственного фонда общераспространенных полезных ископаемых песчано-гравийное сырье представлено рыхлыми природными скоплениями окатанных обломков горных пород различного размера. В промышленности строительных материалов песчано-гравийные породы фракции размером до 5 мм относят к пескам, 5–70 – к граввию, более 70 – к валунам [ГОСТ 8736–93, ГОСТ 23735–79]. Песчано-гравийное сырье большей частью при добыче подвергается рассеву на стандартные фракции: гравий рядовой, гравий фракционированный и песок-отсев, а валуны и крупный гравий перерабатывают дроблением на щебень более мелких фракций. Песок и гравий, а также щебень, получаемый при дроблении гравия применяется в качестве заполнителя бетонов, строительных растворов, дорожных смесей из органических и неорганических вяжущих, а также гравийных оснований и покрытий автомобильных дорог, балласта железнодорожных магистралей. Кроме того, песчано-гравийные материалы широко используются в качестве оснований зданий, плотин, дамб, насыпей при планировке и благоустройстве территорий, на строительных работах широкого профиля. На рис. 1 представлены направления использования песчаного и песчано-гравийного сырья.

Песок используется для получения силикатных стеновых материалов (кирпича, блоков) и как отощающие добавки при производстве керамического кирпича, фарфора, фаянса, в виде абразивного материала при шлифовании стекол на пескоструйных аппаратах, при очистки поверхностей металла, облицовки камня и в других направлениях.

Необходимость повышенного внимания к строительным пескам и песчано-гравийным материалам отмечена в «Прогнозе долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации», подготовленного в Минэкономразвития России (март, 2013 г.). Это связано с тем, что многие песчано-гравийные месторождения уже выработаны, земельные участки над некоторыми месторождениями переданы в долгосрочное пользование, и с другими сложностями при разработке разведанных объектов недр. В процессе нелиберальных рыночных реформ основные объекты недр, в том числе и по рассматриваемому сырью, переданы в пользование по заявительному принципу.

Как известно, товарный бетон на 4/5 состоит из песка и гравия (щебня), а на 1/5 из цемента, в ценовом соотношении соответственно: 220, 950 и 4000 руб. (в ценах 2012 г.) за тонну, поэтому транспортное плечо поставок при производстве бетонных изделий должно обязательно приниматься во внимание при размещении объектов промышленности строительных матери-



Рис. 1. Направления использования песчаного и песчано-гравийного сырья

алов. Согласно прогнозным оценкам до 2030 г. в России должно быть построено и реконструировано около 150 тыс. км автомобильных дорог общего пользования, большая часть работ будет производиться в европейской части страны, где выполняются основные объемы перевозок автомобильным транспортом. За период 2013–2030 гг. ожидается строительство 20 тыс. км новых железнодорожных путей. По сравнению с текущим состоянием производство сборных железобетонных изделий и конструкций к концу прогнозируемого периода должно вырасти более чем в два раза и составить порядка 46,5 млн м³. Следовательно, с целью удовлетворения запросов рынка в песке, гравии и песчано-гравийных смесях для реализации столь амбициозных планов необходима подготовленная минерально-сырьевая база не в регионах вообще, а в зонах развития транспортной инфраструктуры и производства строительных материалов с минимальным транспортным плечом поставки сырья.

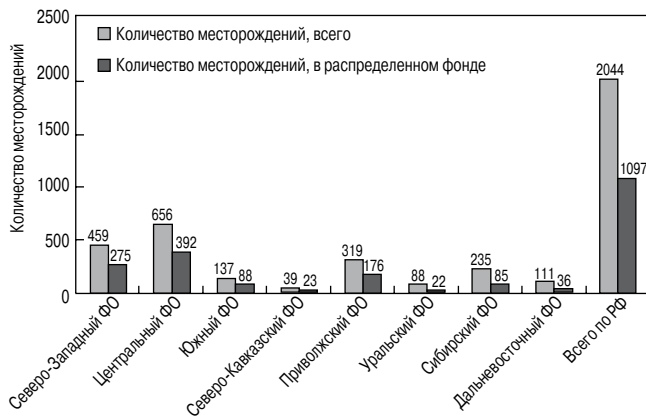


Рис. 2. Размещение месторождений строительных песков в РФ на 01.01.2009 г. по федеральным округам

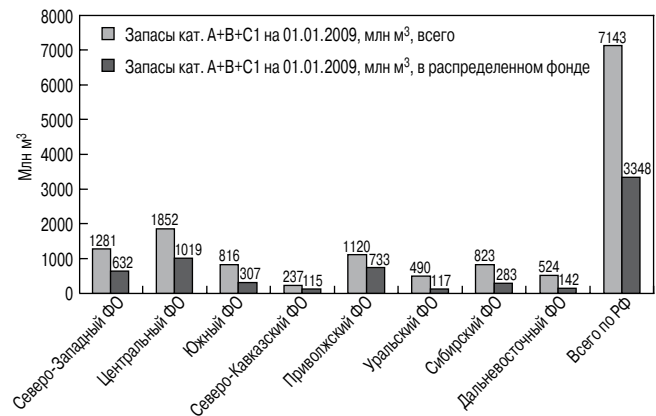


Рис. 3. Размещение запасов строительных песков в РФ на 01.01.2009 г. по федеральным округам

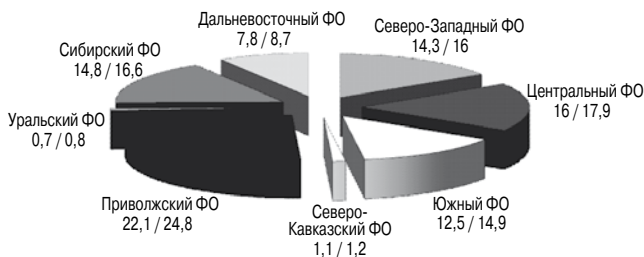


Рис. 4. Добыча песчано-гравийных материалов за 2008 г. по федеральным округам, млн м³/%

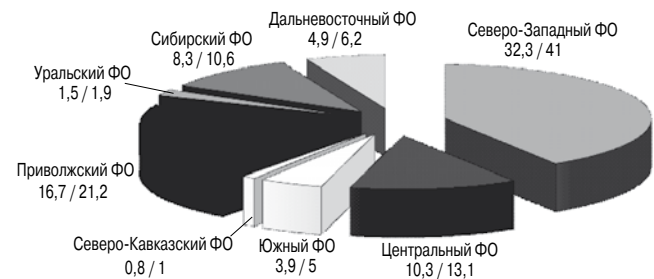


Рис. 5. Добыча строительных песков за 2008 г. по федеральным округам, млн м³/%

Объем годовой добычи в стране песчано-гравийных материалов оценивается примерно в 90 млн м³, песка строительного – около 80 млн м³, т. е. суммарно порядка 170 млн м³ этих полезных ископаемых изымается из недр.

Минерально-сырьевой базой песчано-гравийных материалов и строительного песка являются многочисленные месторождения, находящиеся как в акваториях рек и водохранилищ, так и на суше. Разработку месторождений ведут открытым или гидромеханизованным способом. На обводненных месторождениях в акваториях применяют только гидродобычу с использованием земснарядов гидравлического и механического действия. Сухие и малообводненные месторождения разрабатываются экскаваторами различной мощности и класса, бульдозерами и скреперами. Переработку добытых песчано-гравийных материалов производят промывкой, грохочением и гидравлической классификацией. Промывку обычно совмещают с грохочением, первоначально разделяют песок, гравий, валуны на ситах 3–5 и 70 мм, гравийную часть и пески-отсевы классифицируют на фракции в соответствии с требованиями заказчика.

Не лишено основания мнение, что песчано-гравийные материалы и строительные пески – самый ликвидный вид сырья, среди общераспространенных полезных ископаемых, бизнес при их добыче наиболее эффективен. Следует заметить, что их доходность приближается к нефтяному бизнесу, например, в Республике Татарстан. Причем реализация получаемой продукции не требует дополнительных сложных технологических устройств и финансовых вложений в переработку, так как она уже готова к использованию (в отличие, например, от кирпичного сырья).

Общие сведения по состоянию минерально-сырьевой базы песчано-гравийных материалов и строительных песков в разрезе федеральных округов представлены на рис. 2–5.

Анализируя сложившуюся ситуацию с минерально-сырьевым обеспечением песчаным и песчано-гравийным сырьем в целом по Российской Федерации, следует констатировать наличие значительного количества проблемных вопросов в размещении месторождений, запасах и ресурсах. При разработке месторождений и добыче сырья, выполнении недروльзователями лицензионных обязательств наиболее общими являются:

- территориальная неравномерность в размещении месторождений в целом по стране, федеральным округам и отдельным субъектам Российской Федерации;
- необходимость проведения аналитико-технологической и геолого-экономической переоценки наиболее перспективных объектов фонда недр, а также внедрения инновационных технологий добычи и переработки, в том числе скважинной гидродобычи на месторождениях с большой мощностью вскрыши;
- отсутствие перспектив выявления ресурсов песчано-гравийных материалов в отдельных регионах;
- отсутствие терминологического единства в определениях; у разных авторов встречаются такие термины, как «песчано-гравийные породы», «песчано-гравийные смеси», «песчано-гравийные материалы», «гравийно-песчаные породы», «валунно-гравийно-песчаные породы», «валунноглыбовые породы». В нашем понимании петрографический термин «породы» не может относиться к полезным ископаемым, а термин «смеси» применим только к произведенным продуктам, что является важным для налогообложения. Минеральное сырье в недрах правильно называть песчано-гравийным материалом. Именно так назывались ранее издававшиеся выпуски Государственного баланса запасов полезных ископаемых СССР;
- тяготение размещения месторождений к акваториям рек, их притоков, водохранилищам, морским по-

бережьям, что требует более тщательного соблюдения природоохранного законодательства при их разработке по сравнению с месторождениями на суше;

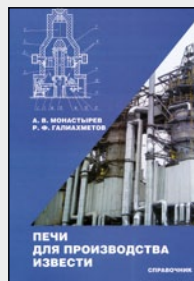
- отсутствие гармонизации в природоресурсном законодательстве (Закон РФ «О недрах», «Земельный Кодекс РФ», «Водный Кодекс РФ», «Лесной Кодекс РФ»), что является сдерживающим фактором при проведении геологоразведочных и добычных работ на песчаное и песчано-гравийное сырье;
- неразвитость действующих логистических центров (перевалочные базы, организация перевозок смешанным железнодорожно-водным транспортом) сдерживает темпы развития строительной индустрии и дорожно-транспортного строительства;
- неисполнение недропользователями отдельных пунктов лицензионных соглашений в части отличия фактической годовой добычи по сравнению с заявленной. Необходимые усиления мер по предотвращению незаконной добычи песчаного и песчано-гравийного сырья, что вполне обычно для притрассовых карьеров;
- необоснованное увеличение объемов добываемого песчаного и песчано-гравийного сырья, игнорирование квот по добыче недропользователями. Это может привести к негативным последствиям в части неисполнения «Программ социально-экономического развития субъектов РФ», вследствие полного истощения их запасов;
- перенос ответственности за состояние минерально-сырьевой базы песчаного и песчано-гравийного сырья на субъект РФ, как общераспространенные виды полезных ископаемых. Установление Налогового кодекса РФ о зачислении в бюджет субъекта РФ 100% налога на добычу общераспространенных полезных ископаемых, не инициировало проведение субъектами РФ комплекса геологоразведочных работ на их виды. В связи с этим требуется содействие со стороны федеральных органов исполнительной власти по изменению сложившейся ситуации с обеспечением ресурсами песчаного и песчано-гравийного сырья ведущих секторов экономики страны;
- финансирование геологоразведочных работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы общераспространенных полезных ископаемых в современных экономических условиях должно осуществляться с привлечением всех видов источников финансирования, включая средства федерального бюджета, бюджетов РФ и недропользователей исключительно на основе софинансирования на принципах паритетности, как из средств федерального бюджета, так и бюджетов субъектов РФ. Эти консолидированные средства, формируемые от проведенных аукционов и части налога на добычу полезных ископаемых, сформируют фонд воспроизводства по каждому конкретному региону. Саккумулированные финансовые средства будут направляться исключительно на реализацию территориальных программ по воспроизводству минерально-сырьевой базы общераспространенных полезных ископаемых, в том числе на песчаное и песчано-гравийное сырье.

Решение перечисленных проблемных вопросов позволит инициировать ускоренное освоение и расширение минерально-сырьевой базы песчано-гравийных материалов для развития строительного комплекса и реализовать программы по капитальному и дорожному строительству — ведущим индикаторам социально-экономического развития территорий различного уровня.

Ключевые слова: песок, песчано-гравийный материал, запасы, добыча, гравий, щебень, строительный комплекс, общераспространенный.

Список литературы

1. Аксенов Е.М., Васильев Н.Г., Лыгина Т.З., Садыков Р.К. Роль, значение и основные направления развития минерально-сырьевой базы неметаллических полезных ископаемых в современных экономических условиях // Разведка и охрана недр. 2012. № 9. С. 95–98.
2. Орлов В.П. VII Всероссийский съезд геологов о главных проблемах отрасли. Минеральные ресурсы России // Экономика и управление 2013. № 1. С. 3–4.
3. Панфилов Е.И. Горный кодекс РФ — основа формирования правового поля в сфере горного производства // Красная линия. 2010. № 46. С. 30–39.
4. Садыков Р.К. Общераспространенные полезные ископаемые — недоиспользуемый резерв для экономического развития территории // Разведка и охрана недр. 2012. № 5. С. 66–69.
5. Садыков Р.К. Проблемы развития и освоения сырьевой базы общераспространенных полезных ископаемых. Минеральные ресурсы России // Экономика и управление. 2011. № 1. С. 2–5.
6. Дерюгин А. Регионы увязли в долгах // Российская бизнес-газета. 26.02.2013 г.
7. Сементовский Ю.В., Бирюлев Г.Н. Минеральное сырье. Сырье песчано-гравийное. Справочник. М.: ЗАО «Геоинформмарк». 1998. 23 с.



Печи для производства извести

А.В. Монастырев, Р.Ф. Галиахметов

Воронеж: Издательство «Истоки», 2011. 392 с.

В справочнике приведены конструкции и основные технические характеристики отечественных и зарубежных шахтных и вращающихся печей, печей кипящего слоя и взвешенного состояния, их загрузочных и разгрузочных устройств, топок и горелок для сжигания твердого, пылевидного, жидкого и газообразного топлива, тягодутьевых машин, устройств для очистки печных отходящих газов. Рассмотрены вопросы измерения основных параметров процесса обжига сырья в печах, безопасности сжигания в них газообразного топлива, контрольно-измерительные приборы и автоматика.

Приведены основные технические требования потребителей к свойствам извести, карбонатному сырью и технологическому топливу. Даны физико-химические основы постепенного и скоростного процессов обжига карбонатных пород на известь. Кратко изложены основы методики расчета шахтных, вращающихся печей и печей кипящего слоя. Приведены основные показатели эксплуатации печей в различных отраслях промышленности.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников предприятий и цехов по производству извести черной и цветной металлургии, содового производства, производства сахара, производства строительных материалов и других отраслей промышленности. Будет полезен специалистам проектных, наладочных, научно-исследовательских организаций, занимающихся вопросами производства извести, а также работникам учебных заведений, изучающих производство извести.

П.Г. ВАСИЛИК (vasilik@eurohim.ru), Д.С. ГРЕКОВ, инженеры, ЗАО «ЕвроХим-1» (Москва), А.Ф. БУРЬЯНОВ, д-р техн. наук, А.П. ПУСТОВГАР, канд. техн. наук, Московский государственный строительный университет, А.А. ГЛУШКОВ, инженер, Д.А. ДАВЫДОВ, канд. хим. наук, Д.В. НАЗАРОВ, инженер (ООО «Вакер Хеми Рус» Москва)

Современные адгезивы для производства гипсокартонных листов

Производство гипсокартонных листов (ГКЛ) является динамично развивающейся технологией. Объем их производства, по данным Росстата, за 2012 г. составляет более 258000 тыс. м². Несмотря на кризисные явления в экономике страны и мира, это на 7,2% больше, чем в 2011 г. Главными трендами развития современной технологии производства ГКЛ являются энергоэффективность и сокращение выбросов CO₂. Так как основными источниками повышенного расхода энергии являются технологические процессы, связанные с испарением большого количества воды при сушке ГКЛ, сокращение водогипсового отношения позволит существенно улучшить энергоэффективность производства и снизить экологическое воздействие на окружающую среду.

Традиционно в производственной практике значение водогипсового отношения (В/Г) для придания текучести раствору гипса составляет 0,6–0,7, а для гидратации гипсового вяжущего необходимое водогипсовое отношение не превышает 0,2. Избыточное количество воды удаляется после формования изделия в процессе сушки, что составляет 4,5–7 кг воды с 1 м² листа. Расход тепловой энергии при сушке может достигать 1500 Дж на 1 кг воды, а выбросы в атмосферу CO₂ современного предприятия по производству ГКЛ только в течение суток могут составить 20000–40000 м³. Таким образом, задача снижения водогипсового отношения при производстве ГКЛ является актуальной и позволяет значительно повысить энергоэффективность производства ГКЛ.

Гипсокартонные листы представляют собой композиционный материал, в котором на свойства конечного изделия влияют многочисленные факторы. Гипсовый сердечник ГКЛ имеет пористую структуру, формируемую за счет большого количества вовлеченного воздуха (25–45 об. %), что достигается высоким водогипсовым отношением, использованием специальных воздухововлекающих и/или пенообразующих добавок и технологическим оборудованием.

Основными путями сокращения количества используемой в производственной технологии воды являются снижение водопотребности гипсового вяжущего, достигающееся технологическими приемами при производстве вяжущего – оптимизацией фазового состава, тонины помола, применением гомогенизаторов, в которых происходит искусственное старение [1], а также введением пластифицирующих добавок в процессе производства ГКЛ. Снижению количества гипсового вяжущего и воды затворения также способствует повышение доли воздуха в материале, что дополнительно позволяет снизить плотность сердечника ГКЛ и массу конечного изделия. Последнее весьма актуально и для производителей ГКЛ, и для потребителей.

Стремление снизить массу ГКЛ при сохранении прочностных характеристик готового изделия упира-

ется в ряд физико-механических проблем. Согласно работе [2] прочность пеногипса зависит и от количества пены, и от В/Г. Для вывода теоретической зависимости прочности гипсового камня от его плотности была выдвинута гипотеза: прочность гипсового камня пропорциональна удельному числу контактов кристаллов дигидрата друг с другом. При уменьшении плотности за счет изменения водовязущего отношения прочность изделия уменьшается по кубической зависимости, а за счет введения пены – по зависимости в степени 2/3.

Снижение плотности сердечника ведет к ухудшению таких параметров, как ползучесть материала, и снижению адгезии гипсового сердечника к картону. При снижении плотности с 1,06–1,07 до 0,85 г/см³ деформация ползучести при изгибе может увеличиться двукратно при одинаковой влажности окружающего воздуха.

Актуальным является вопрос поиска способа усиления прочности адгезии гипсового сердечника и картона при уменьшении плотности ГКЛ. На прочность адгезии влияет большое число факторов, в том числе и тонины помола гипса [3], и структура пор. Так, Б. Маурицио [4] утверждает в своей работе, что кристаллы гипса сцепляются с волокнами внутренней поверхности бумаги. Согласно работе Я.Л. Забежинского, приклеивание осуществляется за счет диффузии гипсового теста в поры картона, а за поддержание необходимой влажности среды на границе гипса и картона, благодаря чему не происходит пересыхания фитильков картона и обезвоживания кристаллов гипса, отвечает клеющее вещество.

Предполагается также, что в процессе сушки ГКЛ происходит миграция геля клеящего вещества, адсорбция последнего на поверхности раздела сердечника и картона с образованием клевого сцепления. Подтверждением важности миграции воды в процессе производства ГКЛ является и тот факт, что сушка существенно влияет на прочность сцепления картона с гипсом. Ранее доказывалось, что ухудшение качества готового изделия происходит за счет углубления зоны испарения от границы картон–гипс.

Предполагается [5], что ухудшение сцепления картона с гипсовым сердечником при снижении его плотности связано с изменением толщины клевого слоя в результате увеличения шероховатости и возникновением дефектов и напряжений в клеевой прослойке при сушке ГКЛ. Было также установлено, что небольшая добавка клеящего вещества на основе крахмала, применяемая при производстве ГКЛ, не может обеспечить в достаточной степени сцепления картона с гипсовым сердечником. Если предположить, что все клеящее вещество находится на поверхности раздела между картоном и гипсом, то и в этом случае толщина его составит менее 2 мкм.

Номер смеси	Наименование добавки, количество	Адгезия картона к гипсу, МПа	Время начала схватывания, мин	Время конца схватывания, мин	Прочность на изгиб по сердечнику, МПа	Прочность на изгиб по картону, МПа	Прочность при сжатии, МПа	Плотность, кг/м ³
0		0,16	6	11	4,5	6	13,14	1167
1	Стирол-акриловая дисперсия (в пересчете на сухой остаток), 0,15%	0,19	7	11	–	–	–	–
2	Стирол-акриловая дисперсия (в пересчете на сухой остаток), 0,5%	0,37	7	12	–	–	–	–
3	Винилацетатэтиленовая дисперсия (в пересчете на сухой остаток), 0,15%	0,2	8	13	–	–	–	–
4	Винилацетатэтиленовая дисперсия (в пересчете на сухой остаток), 0,5%	0,23	8	14	–	–	–	–
5	ПВС частично гидролизованный, степень полимеризации ~2400, 0,15%	0,31	7	12	5,2	4,2	10,17	1115
6	ПВС частично гидролизованный, степень полимеризации ~2400, 0,5%	0,46	10	15	5	5,1	11,9	1033
7	ПВС частично гидролизованный, степень полимеризации ~1700, 0,15%	0,2	8	13	5	5,2	10,21	1148
8	ПВС частично гидролизованный, степень полимеризации ~1700, 0,5%	0,21	9	16	5,2	6	11,75	1056
9	Полностью гидролизованный ПВС, степень полимеризации ~2400, 0,15%	0,2	6	11	5,2	6,94	14,76	1123
10	Полностью гидролизованный ПВС, степень полимеризации ~2400, 0,5%	0,3	7	11	5,9	7,25	15,4	1134
11	Полностью гидролизованный ПВС, степень полимеризации ~1700, 0,15%	0,31	9	16	4,4	5,3	9,2	1144
12	Полностью гидролизованный ПВС, степень полимеризации ~1700, 0,5%	0,41	11	19	4,7	4,2	11,58	1054
13	Лигносulfонат технический, 0,15%	0,2	14	23	5,2	5,2	10,89	1134
14	Лигносulfонат технический, 0,5%	0,28	12	19	3,9	3,9	9,38	1148
15	Крахмал оксидированный, 0,15%	0,16	7	12	6,3	5,4	10,85	1172
16	Крахмал оксидированный, 0,5%	0,18	7	10	5,8	5,3	10,86	1164

В настоящее время наиболее распространенным клеящим веществом в производстве ГКЛ является крахмал, получаемый из кукурузы, картофеля, тапиоки, риса и др.

Было предложено большое количество технических решений по замене крахмала, имеющего в том числе и пищевую ценность, другими материалами. Так, в работах А.П. Лукоянова [6] предлагается использовать комплексные соли лигносульфонатов. В патенте СССР SU 1188139 описан способ производства гипсокартонного листа путем смешивания гипсового вяжущего, добавки, воды, сульфитно-дрожжевой бражки и пенообразователя, формования из полученной массы гипсокартонных листов и сушки, отличающийся тем, что с целью повышения прочности при сохранении объемной массы гипсовое вяжущее смешивают с добавкой сульфата марганца в количестве 0,5–5 мас.%, затем с водой, содержащей сульфитно-дрожжевую бражку (СДБ) в количестве 0,4–1,7 мас.% от массы вяжущего. Сульфат марганца и СДБ образуют прочный комплексный гель, обладающий хорошей адгезией как к гипсу, так и к картону. В результате происходит увеличение прочностных характеристик всего изделия. Сульфат марганца также ускоряет время схватывания гипсового теста за счет одноименного с гипсом аниона, что позволяет увеличить скорость конвейера схватывания. Сокращение сушки изделия происходит в результате

уменьшения воды затворения гипсового вяжущего. Количественное сокращение воды не указано, но указано время сокращения сушки на 9,38–14,75%.

Патент Канады CA1211480 описывает способ производства гипсокартонных листов (ГКЛ) с использованием пены из водного раствора поливинилового спирта. Эта пена вносится в формовочную массу, которую распределяют между двумя бумажными наружными листами и позволяют ей застыть. В дальнейшей реализации к формовочной массе добавляют эмульсию, состоящую из асфальта и воска. При этом поливиниловый спирт из пенообразующей смеси взаимодействует с асфальто-восковой эмульсией, улучшая водостойкость получаемого гипсокартонного листа.

Изучение влияния современных адгезионных добавок на прочность сцепления сердечника с картоном остается актуальным в свете чрезвычайно высокой зависимости качества выпускаемого ГКЛ от внешних факторов. Так, например, современные заводы, имеющие возможность использовать на одной линии производства ГКЛ полугидрат с различных установок по варке гипса, при работе на гипсовом камне из разных источников отмечают, что качество приклейки (при сохранении рецептур и режимов сушки) может сильно отличаться в зависимости от типа агрегата по обезвоживанию гипса. Это было замечено и при попытке внедрения новых типов пластификаторов: уменьшение В/Г привело к умень-

шению объема формовочной массы, увеличению объема пеномассы со снижением плотности готового продукта и, как следствие, падению прочности сцепления сердечника с картоном. Все это говорит о низком запасе адгезии, получаемой при использовании традиционного крахмала.

Как показывают многочисленные исследования в области производства сухих строительных смесей и более ранние исследования в области полимербетонов, при низких значениях объемного соотношения полимера/вяжущее (ниже 0,1) при создании матрицы материала полимерные пленки дислоцируются в основном в узлах микротрещин и крупных порах. Соответственно со снижением плотности и увеличением дефектности материала возрастает и роль полимерного связующего. С заменой традиционного крахмала на полимерное связующее возможно создание полимергипсовых плит с плотностью значительно ниже 0,6 кг/см³ без потери эксплуатационных характеристик, без внесения существенных изменений в технологию производства и значительного удорожания готового изделия.

В работе было изучено влияние различных типов доступных полимерных промышленных продуктов, применяемых в смежных областях производства строительных материалов, на адгезию гипс/картон. С этой целью полугидрат смешивали с дисперсиями полимеров и заливали в формы (40×40×160 мм), в которые был предварительно помещен картон. Через 2 ч выдерживания в нормальных условиях осуществлялась сушка в теплом шкафу при температуре 60°С до постоянной массы. После охлаждения исследовалась адгезия, прочность при изгибе и сжатии. Кроме того, проверялось и воздействие на гидратацию — отслеживались начало и конец схватывания.

В качестве гипсового вяжущего использовался гипс полугидрат марки Г5 по ГОСТ 125–79 производства ООО «Волма-Воскресенск».

Исследования проводились при постоянном В/Г соотношении 0,6. Дозировка полимерных дисперсий в экспериментальных составах и результаты экспериментальных исследований представлены в таблице.

Выбор марок винилацетат-этилен и стирол-акрилатных дисперсий основывался на рекомендациях производителя — Wacker Chemie. ПВС были изучены более широко. В работе использовались образцы продуктов фирмы ССР различной степени полимеризации и гидролиза.

Полученные результаты экспериментальных исследований позволяют сделать вывод о влиянии типа полимерной дисперсии на такие свойства ГКЛ, как адгезионная прочность склейки гипс-картон, параметры плотности и прочности. Наиболее перспективными материалами для замены крахмала на другие виды полимерных дисперсий являются стирол-акриловые дисперсии и высоковязкие марки ПВС различной степени гидролиза.

Результаты исследования показали, что использование небольших дозировок данных полимеров вместо крахмала в производстве ГКЛ позволяет значительно увеличить прочность изделия, адгезию слоев гипс-картон с одновременным уменьшением плотности ГКЛ без изменения технологии производства и технологического регламента. Это предполагает проведение дальнейших экспериментальных исследований с целью определения механизмов действия введения полимерных дисперсий на физико-механические свойства ГКЛ.

Ключевые слова: гипсокартон, гипсокартонные плиты, адгезия гипсового сердечника к картону, поливиниловый спирт, стирол-акриловая дисперсия.

Список литературы

1. *Ветегрове Х.* Гомогенизатор Claudius Peters — гипсовая технология для снижения затрат и повышения качества // Строительные материалы. 2010. № 7. С. 7–9.
2. *Сапелин Н.А., Бурьянов А.Ф., Бортников А.В.* Зависимость прочности бетонов на основе неорганических вяжущих от объемной массы // Строительные материалы. 2001. № 6. С. 36–38.
3. *Гончар В.Ф., Бортников В.Г., Бурьянов А.Ф.* Домол гипсового вяжущего — эффективный технологический прием в производстве гипсокартонных листов // Сборник трудов ВНИИСТРОМ. Вып. № 52. М. 1984. С. 89–95.
4. *Маурицио Б.* Применение современных разжижителей при производстве гипсокартона. Материалы V международной научно-практической конференции «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий», Казань, 2010. С. 183–189.
5. *Лукоянов А.П., Долгарев А.В., Варламов В.П., Бортников В.Г.* Замена крахмала в производстве гипсокартонных листов комплексными солями лигносульфонатов // Сборник трудов ВНИИСТРОМ. Вып. № 60. 1987. С. 45–51.
6. *Лукоянов А.П., Долгарев А.В., Варламов В.П., Бортников В.Г.* Замена крахмала в производстве гипсокартонных листов комплексными солями лигносульфонатов // Сборник трудов ВНИИСТРОМ. Вып. № 60. 1987. С. 127–133.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

объявляет прием студентов для обучения:

- по направлению подготовки «Химическая технология» (240100) по профилю «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» бакалавр-инженер (срок обучения 4 года) и магистр (срок обучения 6 лет);
- по направлению подготовки «Строительство» (270800) по профилю «Технология строительных материалов, изделий и конструкций» бакалавр-инженер (срок обучения 4 года).

Профессиональную подготовку специалистов осуществляет кафедра технологии строительных вяжущих веществ, материалов и изделий. Кафедра была организована в 1921 г.

По окончании института выпускники рекомендуются для работы на инженерных должностях в качестве технологов широкого профиля на промышленных предприятиях, в проектных и научно-исследовательских организациях строительной индустрии: заводах по производству портландцемента и других вяжущих веществ, домостроительных комбинатах, заводах бетонных и железобетонных изделий, предприятиях по производству строительных материалов и изделий, сухих строительных смесей и др.

Условия приема:

зачисление по результатам ЕГЭ (по направлению 240100 – русский язык, химия, математика); (по направлению 270800 – русский язык, физика, математика).

Срок подачи документов:

на дневное отделение с 20 июня по 25 июля 2013 г.;
на заочное отделение с 20 июня по 30 сентября 2013 г.

Подробная информация о приеме на сайте института:

www.technolog.edu.ru (раздел «Поступающим»).

Контакты приемной комиссии:

(812) 316-13-12; abitur@technolog.edu.ru

В.Б. ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ (victoriapetrov@gmail.com),
Т.Б. НОВИЧЕНКОВА, кандидаты техн. наук,
Ю.Ю. ПОЛЕОНОВА, инженер, Тверской государственный технический университет;
А.Ф. БУРЬЯНОВ, д-р техн. наук, Московский государственный строительный университет

Модифицированные гипсовые безобжиговые композиты

Проблема безопасности общества в условиях высокотехнологичной производственной деятельности человека, как показывает практика, требует использования строительных материалов, позволяющих снизить агрессивность воздействий на экосистему в целом и человека в частности. Именно такими материалами, позволяющими обеспечить здоровье и высокое качество жизни в повседневных условиях и снизить техногенное воздействие в критических условиях, являются гипсовые материалы. Особенно привлекательны гипсовые материалы для применения внутри помещений. Высокая стойкость в условиях пожара, отсутствие опасных для жизни человека выделений выгодно отличает их от современных синтетических материалов.

Использование энергоэффективных безобжиговых технологий получения наряду с заменой природного сырья на отходы промышленности повышает востребованность и экономичность гипсовых изделий [1, 2, 3]. К таким отходам в гипсовой отрасли можно отнести отсеивы и отходы дробления гипсовой породы, гипсовые отходы в виде отработанных форм для литья фаянсового производства [4, 5, 6], которые практически не используются для получения строительных материалов и изделий. Применение гипсовых отходов для получения изделий позволит не только удешевить получаемую продукцию, но и вовлечь в производство ценное техногенное сырье.

Однако до настоящего времени гипсовые материалы имели ограниченную сферу применения. Получение модифицированных композиций на основе двуводного гипса повышенной водостойкости с сохранением всех достоинств гипсовых материалов может позволить повысить производительность труда и снизить стоимость строительства [7, 8].

В целях повышения эксплуатационных характеристик безобжиговых композитов на основе двуводного гипса в работе исследовалось влияние добавок шлакопортландцемента, поликарбоксилата и микрокальцита

на свойства гипсового прессованного композиционно-го материала.

В работе применялся двуводный техногенный гипс – отработанные формы Конаковского фаянсового завода Тверской области в виде бинарных смесей порошков тонкого и грубого помола по ГОСТ 125–79 ** (содержание дигидрата сульфата кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в составе отхода – 98,54%). Перемешивание при приготовлении бинарных сырьевых смесей производилось вручную.

Ввиду того что введение цемента в состав гипсовых изделий требует дополнительных мер по предотвращению образования высокоосновного гидросульфолмината кальция, деформирующего и разрушающего структуру получаемого материала при твердении, в качестве модифицирующей добавки использовалась комплексная добавка на основе шлакопортландцемента ШПЦ 300 (ГОСТ 10178–85; ГОСТ 30515–97) производства ОАО «Магнитогорский цементно-огнеупорный завод» и поликарбоксилата (ТУ 5743-001-111149403–2003). Содержание добавки ШПЦ варьировалось от 5 до 9%. Органическая добавка вводилась в состав сырьевой смеси в сухом виде в количестве 5% от массы шлакопортландцемента. Перемешивание смесей с добавками также производилось вручную.

В исследованиях использовалась добавка микрокальцита марки URALCARB 5 – отходы молотого мрамора (содержание карбоната кальция кристаллического CaCO_3 – 97%) ООО «Белый мрамор» Челябинской области (ТУ 5716-002-56393945–2005). Средний размер частиц в составе порошка микрокальцита 5 мкм, удельная поверхность порошка 2100–2200 м²/кг. Содержание добавки микрокальцита находится в пределах 0–20%. Зерновой состав порошков оценивали по результатам

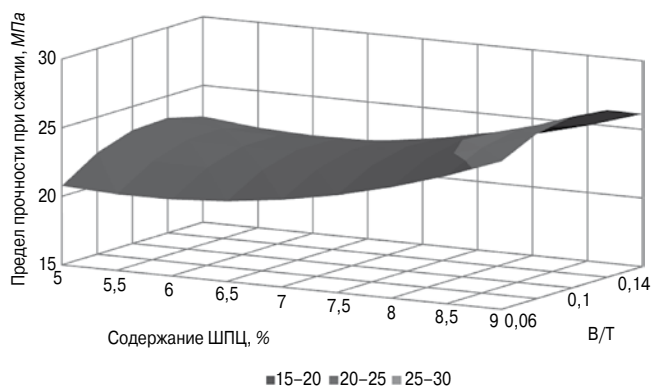


Рис. 1. Зависимость прочности гипсовых композитов от процентного содержания комплексной добавки шлакопортландцемента, поликарбоксилата и водотвердого отношения

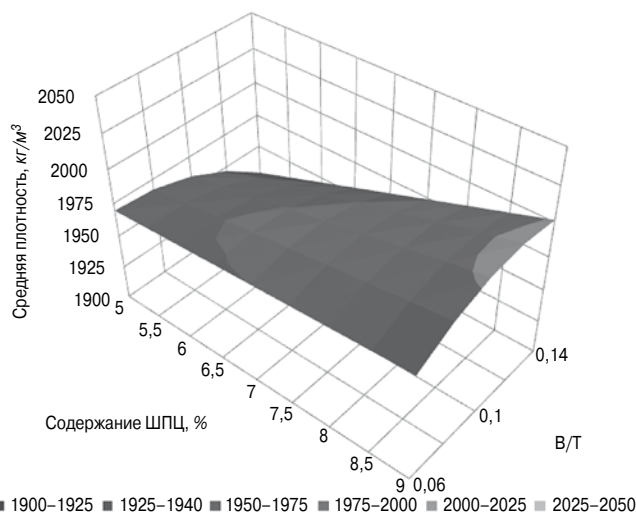


Рис. 2. Зависимость средней плотности гипсовых композитов от содержания комплексной добавки шлакопортландцемента, поликарбоксилата и водотвердого отношения

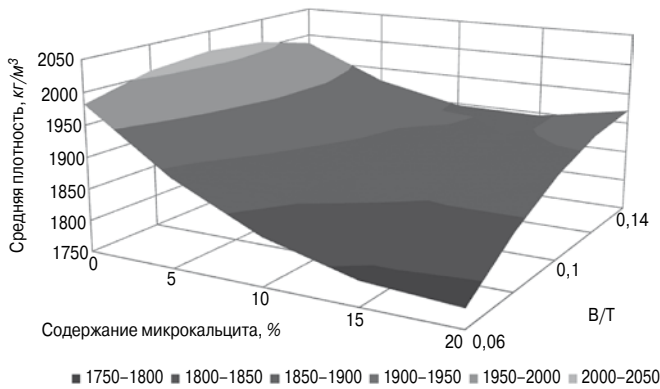


Рис. 3. Зависимость средней плотности гипсовых композитов от содержания добавки микрокальцита и водотвердого отношения

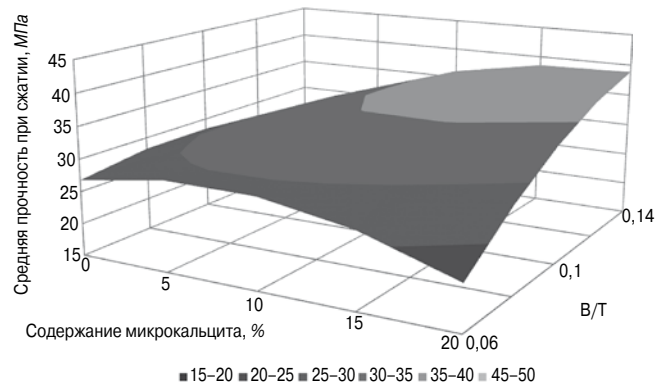


Рис. 4. Зависимость прочности гипсовых композитов от процентного содержания микрокальцита и водотвердого отношения

дисперсионного анализа с помощью лазерного анализатора типа Fritsch Particle Sizer 'analysette 22'. Среднюю плотность и прочность прессованных гипсовых образцов-цилиндров, полученных методом полусухого прессования на лабораторном гидравлическом прессе и выдержанных 14 сут во влажных условиях, оценивали по ГОСТу. Структурные особенности прессованного композита оценивались методом электронной микроскопии с помощью сканирующего микроскопа CanScan 4.

Исследованиями влияния комплексной добавки шлакопортландцемента и поликарбоксилата на прочность прессованного материала установлено, что с увеличением процентного содержания добавки при постоянных значениях В/Т прочность структуры модифицированного композита повышается.

При повышении содержания ШПЦ в составе смеси средняя плотность прессованного композита повышается (рис. 2) за счет увеличения содержания в его составе компонента с большей истинной плотностью ($\rho_{\text{шпц}} = 2900 \text{ кг/м}^3 > \rho_{\text{гипс}} = 2400 \text{ кг/м}^3$). Одновременно при повышении процентного содержания ШПЦ средняя плотность структуры композита повышается в процессе гидратации цемента за счет присутствия химически связанной воды и превращения ее в составе новообразованной в псевдотвердую фазу. Для дальнейших исследований использовался состав сырьевой смеси с содержанием ШПЦ в количестве 9%.

Результаты проведенных исследований влияния минерального модификатора на свойства композита показывают (рис. 3, 5), что введение микрокальцита в состав сырьевой смеси позволяет снизить плотность прессованного материала. Введение высокодисперсного микрокальцита способствует снижению плотности упаковки частиц в дисперсной системе дигидрата сульфата

кальция за счет наличия сил трения между частицами, а суммарная площадь контактов в таких системах увеличивается с повышением дисперсности частиц, что и приводит к уменьшению средней плотности получаемых композитов. С другой стороны, увеличение количества контактов между частицами в единице объема способствует повышению прочности структуры композита (рис. 4).

Варьирование обоих факторов позволяет получить оптимальный состав прессованного композита. Оптимизация по величине прочности показывает, что при 10% содержании микрокальцита в составе сырьевой смеси безобжигового композита достигается наибольшая прочность. Введение карбоната кальция в сырьевую смесь дигидрата сульфата кальция позволяет получить более водостойкую структуру композита за счет хемосорбционного взаимодействия частиц наноразмера и уменьшения пористости за счет коагуляции крупных пор в структуре гипса коллоидно-дисперсными частицами микрокальцита.

Характер зависимости средней плотности и прочности композита от водотвердого отношения подобен. При содержании минеральной добавки в диапазоне 10–20% максимальные значения параметров в исследованном диапазоне соответствуют водотвердому отношению 0,14. Возможно повышение прочности и плотности композита при увеличении водной прослойки в составе прессованного материала, что требует дополнительных исследований.

Полученный материал обладает повышенной водостойкостью – 0,75, что достигается при содержании добавки микрокальцита 10%, это позволяет использовать безобжиговый композит в качестве облицовочного материала.

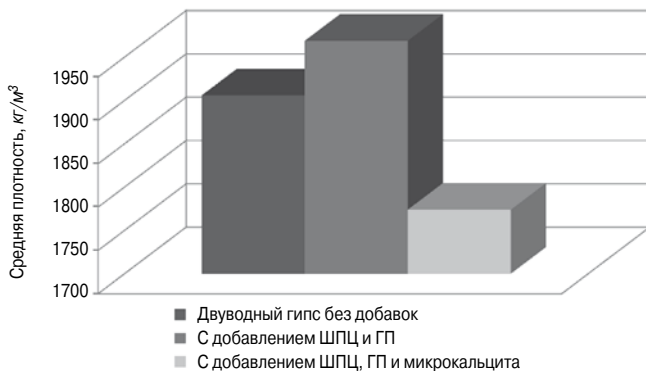


Рис. 5. Сравнительные характеристики средней плотности прессованного композита в зависимости от состава сырьевой смеси

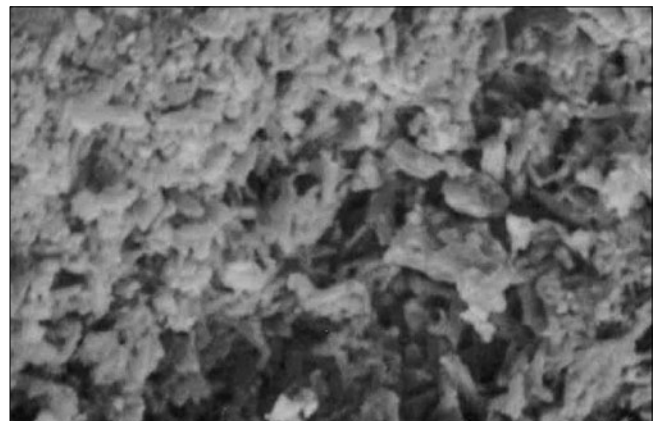


Рис. 6. Микроструктура прессованного гипсового композита с модифицирующей комплексной добавкой ($\times 1000$)

Максимум прочности безобжигового гипсового композита в возрасте 14 сут – 38 МПа, однако материал может иметь дополнительный прирост прочности к 28 сут твердения.

Электронно-микроскопические исследования структуры прессованных образцов свидетельствуют об образовании контактов срастания между кристаллами двухводного гипса и уплотнением образующейся структуры за счет гидратации цемента (рис. 6).

Таким образом установлено, что введение модификаторов в состав прессованного энергоэффективного композита позволяет повысить его прочность и водостойкость. Увеличение содержания добавки микрокальцита от 0 до 10% обеспечивает повышение прочности на 50%.

Комплексная модифицирующая добавка в составе ШПЦ, микрокальцита и поликарбоксилата повышает прочность и водостойкость материала, одновременно снижая его плотность (рис. 5), что отвечает требованиям потребителя.

Высокие физико-механические характеристики композита обеспечивают его применение в производстве строительных изделий для индустриального и жилищного строительства, а также для объектов соцкультбыта, к которым предъявляются повышенные требования по пожарной и экологической безопасности.

Безобжиговые гипсовые композиты на основе модифицированной сырьевой смеси могут обеспечить строительную индустрию энергоэффективными материалами с высокими эксплуатационными характеристиками.

Ключевые слова: *двухводный гипс, прессование, модифицирование, молотый мрамор, структура композита, прочность, плотность.*

Список литературы

1. *Белов В.В., Бурьянов А.Ф., Петропавловская В.Б.* Современные эффективные гипсовые вяжущие, материалы и изделия. Тверь: Издательство ТГТУ, 2007. 132 с.
2. *Петропавловская В.Б., Белов В.В., Новиченкова Т.Б., Бурьянов А.Ф., Пустовгар А.П.* Оптимизация внутренней структуры дисперсных систем негидратационного твердения // Строительные материалы. 2010. № 7. С. 22–23.
3. *Петропавловская В.Б., Белов В.В., Новиченкова Т.Б.* Регулирование свойств безобжиговых гипсовых материалов // Строительные материалы. 2008. № 8. С. 14–15.
4. *Петропавловская В.Б., Белов В.В., Бурьянов А.Ф.* Твердеющие кристаллизационные системы на основе порошков двухводного гипса // Строительные материалы. 2007. № 12. С. 46–47.
5. *Белов В.В., Бурьянов А.Ф., Яковлев Г.И., Петропавловская В.Б., Фишер Х.-Б., Маева И.С., Новиченкова Т.Б.* Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция // М.: Де Нова, 2012. 196 с.
6. *Петропавловская В.Б., Белов В.В., Новиченкова Т.Б., Бурьянов А.Ф., Полеонова Ю.Ю.* Использование отходов природного гипсового камня в производстве безобжиговых материалов // Строительные материалы. 2012. № 7. С. 28–30.
7. *Строкова В.В., Череватова А.В., Жерновский И.В., Войтович Е.В.* Особенности фазообразования в композиционном наноструктурированном гипсовом вяжущем // Строительные материалы. 2012. № 7. С. 5–9.
8. *Колкатаева Н.А., Гаркави М.С.* Влияние стирол-акрилатной эмульсии на эксплуатационные свойства гипсовых материалов // Строительные материалы. 2007. № 9. С. 50–51.

6-8 АВГУСТА Челябинск



СТРОИТЕЛЬСТВО

2013 ВЫСТАВКА-ФОРУМ

Официальная поддержка:






Выставка-форум «Строительство-2013» продемонстрирует достижения всех участников строительного процесса - от научных разработок до их внедрения, от проектных решений, производства строительных материалов до готовых объектов.

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

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

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



ДС "Юность", Свердловский пр., 51

Тел.: (351) 215-88-77 www.pvo74.ru



В рамках программы сотрудничества
«Германия и Россия. Вместе строим будущее. 2012/2013 гг.»

**2–4 июля 2013 года состоится международная научная конференция
«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ.
НАДЕЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ»**

НА КОНФЕРЕНЦИИ ПЛАНИРУЕТСЯ РАБОТА ПО СЛЕДУЮЩИМ НАПРАВЛЕНИЯМ:

- Энергосбережение в строительстве.
- Строительная теплофизика.
- Строительная и архитектурная акустика.
- Строительная светотехника.
- Экология в строительстве.
- Долговечность и прочность строительных конструкций зданий и сооружений.
- Проблемы технического регулирования.
- Ремонт и эксплуатация объектов коммунального хозяйства.
- Высотное строительство.
- Научная школа для молодежи.

В рамках конференции будет проводиться **КОНКУРС**, на котором молодые ученые, аспиранты и студенты смогут представить свои проекты и разработки.

На конференцию принимаются **СТАТЬИ** участников, которые будут опубликованы в журналах «Строительные материалы», «Жилищное строительство» и Сборнике трудов конференции.

Материалы для публикации, оформленные в соответствии с требованиями, принимаются строго **до 30 апреля 2013 года**, и должны быть отправлены по адресу org.com@list.ru с пометкой «Для публикации».

Для участия в конференции необходимо в срок **до 25 июня 2013 года** отправить **ЗАЯВКУ** на участие по адресу org.com@list.ru или факсу **+7(495) 482-40-60**

БОЛЕЕ ПОДРОБНУЮ ИНФОРМАЦИЮ О КОНФЕРЕНЦИИ И ФОРМУ ЗАЯВКИ МОЖНО ПОСМОТРЕТЬ ПО ССЫЛКЕ <http://niisf.ru/news/2013-02-27-19>

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН) г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21;
- Московский государственный строительный университет (МГСУ) г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Тел.: +7 (499) 488-70-05 Факс: +7 (495) 482-40-60

E-mail: org.com@list.ru Сайт: www.niisf.ru

Адрес: 127238, Москва, Локомотивный проезд, д.21, Светотехнический корпус, НИИСФ РААСН

А.С. БАГДАСАРОВ, канд. техн. наук, Д.А. УРУСОВ, инженер (dzhemal@list.ru), Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия (г. Черкесск)

Технологическая линия полусухого прессования производства фосфогипсовых стеновых изделий

На современном этапе развития строительной индустрии перспективным направлением в промышленности строительных материалов является совершенствование старых и разработка новых энергосберегающих способов и технологий производства строительных материалов и изделий. Применение в качестве сырья промышленных отходов, к числу которых относится фосфогипс, также открывает широкие возможности для экономии ресурсов, энергии, снижении материалоемкости производства.

На кафедре «Технология строительного производства и строительные материалы» Северо-Кавказского ГГТА разработаны сырьевые смеси с высоким содержанием отвального непереработанного фосфогипса дигидрата (ФГД) ОАО «Невинномысский азот» для получения строительных стеновых изделий по технологии полусухого прессования в сочетании с механохимической активацией фосфогипса. Метод полусухого прессования смесей достаточно широко используется в производстве и характеризуется невысокими текущими и капитальными затратами [1, 2]. Однако исследований возможностей промышленной переработки фосфогипса дигидрата ОАО «Невинномысский азот» в строительные изделия практически не выполнялось.

В качестве основного компонента сырьевой смеси использовался отход производства экстракционной фосфорной кислоты – фосфогипс ОАО «Невинномысский азот». Данный фосфогипс хранится в отвалах химического предприятия и представляет собой сыпучую массу белого или слегка сероватого цвета. Содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ составляет 93–95%, естественная влажность 38–42 %.

Удельная поверхность сухого порошка фосфогипса, определенная методом воздухопроницаемости, составляла для разных проб 2500–3100 $\text{cm}^2/\text{г}$. Усредненный химический состав: CaO – 31,7%; SO_3 – 46,76%; H_2O кристаллизационная – 19,8%; P_2O_5 – 1,06%; R_2O_3 – 1,38%;

F , Cl – 0,19%. Таким образом, по химико-минералогическому составу фосфогипс ОАО «Невинномысский азот» является согласно ГОСТ 4013–82 аналогом гипсового сырья 1-го сорта. Однако из-за большого содержания воды и особенно примесей (фосфора и фтора) его использование без качественной нейтрализации технически затруднено. Практический интерес представляет получение строительных изделий непосредственно из фосфогипсового сырья, минуя цикл его переработки в гипсовое вяжущее.

В качестве нейтрализующей добавки использовалась известь строительная Джегонасского карьера ЗАО «Известняк» (г. Усть-Джегута), соответствующая ГОСТ 9179–77 «Известь строительная. Технические условия».

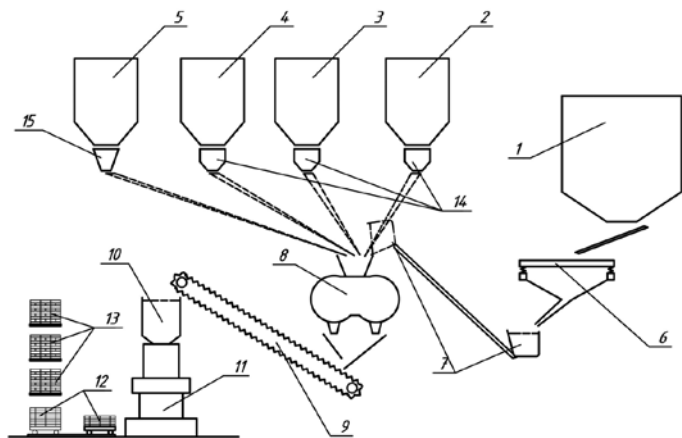
В качестве добавок – активаторов фосфогипса применялись гипсовое вяжущее ЗАО «Усть-Джегутинский гипсовый комбинат» (г. Усть-Джегута), цемент I/A 42,5Н ОАО «Кавказцемент» (г. Усть-Джегута), гранулированный доменный шлак по ГОСТ 3476–74 «Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цементов».

Для повышения гидрофобных свойств готовых стеновых изделий и водостойкости применялись стеарат натрия и жидкое стекло.

Состав исходных смесей, технологические переделы производства и основные физико-механические свойства прессованных изделий представлены в таблице.

С учетом особенностей свойств (удельная поверхность, естественная влажность, гранулометрический состав и др.) отвального фосфогипса и необходимость нейтрализации примесей, была спроектирована технологическая линия по производству фосфогипсовых мелкоштучных стеновых изделий способом полусухого прессования. При этом естественная влажность ФГД являлась важным фактором, влияющим на технологические переделы производства, поскольку качественное

Состав смеси, %			В/Т	Давление прессования, МПа	Показатели качества				
Фосфогипс	Известь	Добавка			Прочность образцов, МПа		Водопоглощение, %	Коэффициент размягчения	
					Высушенные до постоянной массы	Водонасыщенные			
Фосфогипс									
100	—	—	0,16	25	3,2	0	—	—	—
Фосфогипс, известь									
90	10	—	0,16	25	8,9	3,2	19,4	0,36	—
Фосфогипс, известь, гипс									
85	10	5	0,16	25	9,4	3,7	19,4	0,39	—
Фосфогипс, известь, шлак									
85	10	5	0,16	25	9,14	4,6	20,3	0,5	—
Фосфогипс, известь, цемент									
85	10	5	0,16	25	11,14	5,3	19,4	0,47	—



Технологическая линия процесса производства прессованных мелкоштучных стеновых изделий на основе фосфогипса ОАО «Невинномысский азот»: 1 – бункер-накопитель высушенного до оптимальной влажности фосфогипса; 2, 3, 4, 5 – бункеры-накопители для известково-пушонки, вяжущего, добавок и воды; 6 – сито; 7 – дозатор инертный скиповой; 8 – двухвальный смеситель; 9 – ленточный конвейер; 10 – расходный бункер пресса; 11 – гидравлический пресс; 12 – тележка со свежесформованными изделиями; 13 – поддоны с готовой продукцией на складе; 14 – весовые дозаторы; 15 – жидкостный дозатор

прессование возможно только при условии применения сырьевых смесей рациональной влажности.

Рассматривались три варианта доведения фосфогипса до рациональной влажности:

- применение фосфогипса естественной влажности, соответствующей рациональной, или его сушка в естественных условиях складских площадок (выветриванием и испарением);
- сушка всей массы фосфогипса до рациональной влажности в сушильных агрегатах;
- сушка части фосфогипса до минимального содержания влаги в сушильных агрегатах с последующим добавлением части естественного фосфогипса.

Наименее затратным является первый вариант, который приемлем при организации производства строительных изделий как на территории химического завода ОАО «Невинномысский азот» вблизи отвала, так и в регионе.

Схема технологической линии производства мелкоштучных стеновых изделий на основе ФГД представлена на рисунке.

Производство изделий включает дозирование исходных компонентов (подготовленный фосфогипс, нейтрализующая добавка, соответствующее вяжущее, при необходимости замедлитель твердения вяжущего), приготовление формовочной смеси и формование изделий в пресс-формах под давлением по рекомендациям [2, 3].

Продолжительность цикла изготовления кирпича зависит от технических характеристик применяемого пресса. Например, для гидравлического пресса РН-М 100h (модифицированного для прессования мелкоштучных стеновых изделий) цикл составил 24 с. После прессования свежесформованные изделия укладывают на тележки и перемещают на склад готовой продукции, где их укладывают на поддоны.

Полученный фосфогипсовый кирпич имеет следующие технические характеристики:

Размеры, мм	250×120×65
Марка по прочности	M100
Средняя плотность, кг/м ³	1500±50
Масса, кг	3,2±0,2

Таким образом, установлена принципиальная возможность изготовления мелкоштучных стеновых изделий правильной формы на смесях из предлагаемых композиций по разработанной технологии, которые

удовлетворяют требованиям ГОСТ 6133–99 «Камни бетонные стеновые. Технические условия» для строительства малоэтажных зданий коттеджного типа и возведения самонесущих поэтажных стен и перегородок в каркасных зданиях.

Учитывая, что в составе сырьевой смеси содержание фосфогипса в перерасчете на сухое вещество составляет 80–85%, разработанная технология позволяет организовать крупнотоннажную утилизацию фосфогипса ОАО «Невинномысский азот».

Данная технологическая схема была апробирована в цехе индивидуального предпринимателя М.Н. Катчиева по производству облицовочного силикатного кирпича, где получена опытная партия прессованного кирпича, изготовленного способом полусухого прессования из фосфогипса ОАО «Невинномысский азот» в количестве 500 шт. (Акт от 30.08.2012 индивидуального предпринимателя М.Н. Катчиева). Кафедрой «Технология строительства и электроэнергетики Северо-Кавказской государственной гуманитарно-технологической академии разработан технологический регламент «На проектирование опытно-промышленной линии по производству мелкоштучных стеновых строительных изделий способом полусухого прессования на основе фосфогипса дигидрата, отхода производства экстракционной фосфорной кислоты ОАО «Невинномысский азот».

Ключевые слова: фосфогипс, полусухое прессование, прессованный кирпич.

Список литературы

1. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности. Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. 369 с.
2. Недосеко И.В., Бабков В.В., Юнусова С.С. и др. Гипсовые и гипсошлаковые композиции на основе природного сырья и отходов промышленности // Строительные материалы. 2012. № 8. С. 66–67.
3. Михеенков М.А., Ким В., Полянский Л.И. Производство искусственного гипсового камня // Строительные материалы. 2010. № 6. С. 13–18.

ПОДПИСКА

НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ

журнала «Строительные материалы»®



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

В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук, О.В. ХОХРЯКОВ, канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»; Б.К. САРСЕНБАЕВ, д-р техн. наук, директор НИИ «Строительных материалов, строительства и архитектуры»; Н.Б. САРСЕНБАЕВ, канд. техн. наук, С.Д. КАРЫМСАХОВ, инженер (nurali_777@mail.ru), РГП «Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова»

Об эффективности применения промышленных отходов Республики Казахстан для производства цементов низкой водопотребности

Развитие промышленно-технологической цивилизации неизбежно ведет к истощению природного сырья и накоплению огромного количества твердых отходов, запасы которых становятся реальным резервом вторичного сырья, применимого вместо природного. Концепция устойчивого развития цивилизации, принятая в 1992 г. в г. Рио-де-Жанейро и которую приняли 178 стран мира, вызывает необходимость максимального использования промышленных отходов и создание малоотходных технологий.

Очевидно, что наиболее емкой отраслью переработки отходов является строительная [1, 2]. Весьма эффективно это реализовалось еще в 1950–1980-е гг. в Советском Союзе на основе долгосрочных национальных программ по использованию промышленных отходов в различных строительных материалах, в первую очередь в производ-

стве многокомпонентных цементов с использованием доменных шлаков, зол и шлаков теплоэнергетики в качестве гидравлических и пуццолановых добавок. В настоящее время лидерство в применении промышленных отходов при производстве смешанных многокомпонентных цементов перешло к странам Западной Европы, в которых действует стандарт EN 197-1 с 2000 г.

Шлаки – крупнотоннажные техногенные отходы, могут широко применяться и в качестве крупного и мелкого заполнителей в цементных бетонах и как самостоятельные тонкомолотые активные компоненты в цементных бетонах.

Проблема утилизации промышленных отходов остро стоит и в Республике Казахстан, имея ресурсный, экономический и экологический аспекты своего решения. Особенно это касается доменного (ДШ) и электротер-

Таблица 1

Вид шлака	Содержание, в %											
	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	F	BaO	MnO
ДШ	34,82	39,16	6,18	3,45	–	12,7	2	0,72	–	–	0,17	0,73
ЭТФШ	42	45,1	2,4	1,25	2,6	2,65	0,43	н/о	0,15	2,2	–	–

Таблица 2

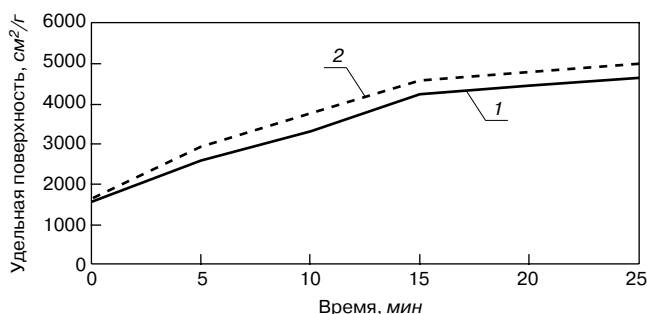
Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя				
		ЭТФШ		ДШ		
Модуль крупности	–	3,1		–		
Содержание фракций 5–10 мм	%	0,5		9,5		
Содержание фракций 10–20 мм	%	0,2		0,5		
Фракционный состав	%	частные остатки	полные остатки	частные остатки	полные остатки	
		2,5	8,4	8,4	37,8	37,8
		1,25	24,05	32,45	29,8	67,6
		0,63	43,55	76	22,4	90
		0,315	18,25	94,25	7,4	97,4
		0,16	3,73	98	1,6	99
<0,16	2,02	–	1	–		
Истинная плотность	г/см ³	2,75		2,67		
Насыпная плотность	г/см ³	1,23		1		
Пустотность	%	55		62,9		
Удельная поверхность	см ² /г	30–60		30–60		
pH (2% раствор)	–	10,2		10,9		

Таблица 3

Наименование показателей	ПЦ500Д0 ОАО «Вольскцемент»		ЦНВ-50 на основе	
	без С-3	с С-3	ЭТФШ	ДШ
Удельная поверхность вяжущего, см ² /г	3200	3200	4800	4650
Время совместного измельчения, мин	–	–	20	22
Энергозатраты, Вт·ч/кг	–	–	330	367
Содержание СП С-3 (% от вяжущего)	–	1	1	1
Насыпная плотность вяжущего, кг/м ³	1100	1100	958	910
Нормальная густота (НГ), %	25	20	22	22
Снижение НГ, %	–	20	12	12
Сроки схватывания, ч-мин				
– начало	2–35	1–30	3–50	4–10
– конец	3–50	5–35	7–50	5–30
Водоцементное отношение (В/Ц)	0,44	0,35	0,33	0,31
Распływ конуса (ГОСТ 310.4), мм	112	110	118	115
Снижение В/Ц, %	–	20,5	25	29,5
Активность вяжущего в возрасте 1 сут нормального твердения, МПа:				
– при изгибе	3,3	3,7	2,6	5,7
– при сжатии	13,8	16	10	27,9
Активность вяжущего в возрасте 3 сут нормального твердения, МПа:				
– при изгибе	4,2	5,2	4,6	6,3
– при сжатии	24,1	32	30,3	46,3
Активность вяжущего в возрасте 7 сут нормального твердения, МПа:				
– при изгибе	4,9	5,8	5,7	6,9
– при сжатии	36,9	43,5	45,2	68,3
Активность вяжущего в возрасте 28 сут нормального твердения, МПа:				
– при изгибе	5,9	6,7	6,4	7
– при сжатии	53,7	62,1	66	86,3
Марка вяжущего по прочности	500	600	600	800

мофосфорного шлаков (ЭТФШ) (табл. 1), скопившихся в отвалах в размере соответственно 80 и 10 млн т. Причем ежегодный прирост ЭТФШ составляет не менее 900 тыс. т.

На примере этих шлаков показана эффективность их применения в составе цементов низкой водопотребности (ЦНВ) – разновидности композиционных цементных вяжущих, научно-технологические основы которых были заложены советскими учеными еще в 80–90-е гг. прошлого века [3]. Главными достоинствами технологии ЦНВ является безотходность, сбережение запасов ценного природного сырья, а также «всеядность», обусловленная возможностью использования разнообразных отходов и нерудных ископаемых как активных компонентов вяжущего. При этом в атмосфере не выбрасываются ни углекислый газ, ни пыль, как это происходит при производстве портландцемента.



Размолоспособность ЦНВ-50 со шлаками: 1 – ЦНВ-50 на ДШ; 2 – ЦНВ-50 на ЭТФШ

В табл. 2 представлены основные физико-технические свойства шлаков, из которых следует, что по фракционному составу они близки к крупным пескам и, следовательно, не требуют переработки путем дробления. Оба шлака создают щелочную среду, что благоприятно для твердения цементных бетонов.

На рисунке показаны кинетические кривые помола двух ЦНВ-50 на соответствующих шлаках. ЦНВ-50 (соотношение ПЦ и шлака 1:1) получали путем совместного помола в лабораторной вибрационно-шаровой мельнице СВМ-3 ПЦ500Д0 (ТОО «Стандарт Цемент», Республика Казахстан) шлака (ЭТФШ или ДШ) и суперпластификатора С-3 (1% от массы ЦНВ) до удельной поверхности 4600–4800 см²/г. Кривые свидетельствуют, что размолоспособность обоих ЦНВ-50 практически идентична, есть лишь незначительно большая размолоспособность ЦНВ-50, содержащего ЭТФШ.

Проведена сравнительная оценка физико-механических свойств ПЦ500Д0 и ЦНВ-50 в соответствии с ГОСТ 310.3–76 и ГОСТ 310.4–81. Способ введения суперпластификатора С-3 в ПЦ500Д0 – с водой затворения. Результаты исследования представлены в табл. 3.

Из табл. 3 следует, что наибольшую эффективность в ЦНВ-50 показал доменный шлак. Активность его по прочности в возрасте 28 сут составила 86,3 МПа, что соответствует марке 800. Весьма существенно возросла суточная прочность вяжущего ($R_1=27,9$ МПа) в сравнении с ЦНВ-50 на ЭТФШ, у которого в первое время происходит замедление твердения ($R_1=10$ МПа). У обоих ЦНВ-50 наблюдается некоторое замедление сроков схватывания, которое, впрочем, не выходит за рамки значений, установленных ГОСТом. Отмечено,

что ЦНВ, имея повышенную удельную поверхность в сравнении с цементом, отличается меньшей насыпной плотностью, следовательно, это должно быть учтено при заполнении силосных емкостей и расходных бункеров.

Таким образом, шлаки Казахстана (доменный и электротермофосфорный) являются весьма эффективными компонентами для производства ЦНВ. При этом могут быть решены три задачи: экологическая, сырьевая и экономическая. Высокие физико-механические свойства ЦНВ-50, а именно превышение физико-механических показателей исходного портландцемента ПЦ500Д0 при двойном разбавлении шлаками, а в случае доменного и большем (реальна возможность получения ЦНВ-30 – 30% клинкера) с сохранением марки исходного ПЦ, не вызывают сомнения в перспективности создания производств ЦНВ вблизи крупнотоннажных отвалов этого ценного вторичного сырья.

Ключевые слова: цемент низкой водопотребности, шлаки, размолоспособность, активность.

Список литературы

1. Ильичев В.А., Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н. О развитии производства строительных материалов на основе вторичных продуктов промышленности // Строительные материалы. 2011. № 4. С. 36–42.
2. Жарко В.И., Гузь В.А., Кабанов А.А. и др. Сырьевая база вторичных ресурсов в производстве строительных материалов // Alitinform Международное аналитическое обозрение. Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2011. № 2(19). С. 11–27.
3. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. 2-е изд., перераб. и доп. М., 1998. 768 с.

Химические списки как технические барьеры торговли в рамках ВТО

В последнее время увеличивается число случаев, когда появление тех или иных технических барьеров и ограничений вытекает из участия страны в международных соглашениях. Это связано с расширением международного сотрудничества в области стандартизации и защиты окружающей среды.

Самый яркий пример – Роттердамская конвенция – одно из ключевых многосторонних экологических соглашений, содержащих положения, связанные с торговлей. Эта Конвенция требует предоставления информации о рисках для здоровья и окружающей среды, связанных с использованием опасных химических веществ, и оказывает влияние на импорт и экспорт таких товаров. Правительства могут запретить импорт веществ, включенных в список Приложения III Конвенции.

В списке опасных веществ находится множество материалов, представляющих реальную угрозу населению. Наиболее болезненной для России в настоящее время остается проблема использования хризотилового асбеста. Не первый год группа активистов активно лоббирует включение этого материала в Приложение III Роттердамской конвенции.

Хризотил – одна из наиболее распространенных разновидностей широкого класса материалов, объединенных общим наименованием «асбест». Все разновидности асбеста могут использоваться для производства дешевых и качественных строительных материалов (шифер, теплоизоляционные материалы, трубы и т. д.),

21–24 января 2014 Красноярск



XXII СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
СТРОИТЕЛЬСТВО
АРХИТЕКТУРА

**МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ, ОТДЕЛКИ
И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ**

Организатор –
ВК «Красноярская ярмарка»

Официальная
поддержка:







г. Красноярск, ул. Авиаторов,
19, МВДЦ «Сибирь»
тел.: (391) 22-88-405,
22-88-611 (круглосуточно)
build@krasfair.ru
www.krasfair.ru

0+

тем не менее, это совершенно разные по своей химической структуре минералы. Волокна хризотила растворяются в кислотной среде и быстро выводятся из организма человека, не причиняя никакого вреда. В то же время другая разновидность минерала – амфиболовый асбест – из организма не выводится и может становиться причиной различных заболеваний. После проведения соответствующих научных исследований использование амфиболового асбеста во всем мире было полностью запрещено. Однако для успешного продвижения более дорогих синтетических материалов группа активистов выступает за запрет использования хризотила. Под влияние лоббистов попал целый ряд стран, однако никаких научных обоснований угрозы хризотила нет. При контролируемом использовании (то есть при соблюдении правил безопасности и индивидуальной защиты на производствах) материал безопасен для здоровья.

Не стала исключением и VI конференция сторон Конвенции, завершившаяся в середине мая. Вопрос о включении хризотила в запретительный список был в очередной поставлен на повестку дня. Благодаря слаженным действиям профсоюзных организаций, а также поддержке от представителей Минздрава, Россия выразила категорическое несогласие с данным предложением и потребовала снять вопрос с рассмотрения. В итоге заседания попытка внесения хризотила в Приложение III было заблокировано решением семи стран (Россия, Казахстан, Кыргызстан, Индия, Зимбабве, Украина и Вьетнам).

По материалам НО «Хризотиловая ассоциация»

УДК 624.148

Л.К. КАЗАНЦЕВА, д-р техн. наук, Институт геологии и минералогии СО РАН,
 Г.И. СТОРОЖЕНКО, д-р техн. наук, директор ООО «Баскей» (Новосибирск);
 А.И. НИКИТИН, ген. директор ООО «Баскей керамик» (Челябинск),
 Г.А. КИСЕЛЕВ, инженер ТОО «КиКО Строй Сервис» (г. Уральск, Республика Казахстан)

L.K. KAZANTSEVA, Doctor of Technical Sciences, Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS;
 G.I. STOROZHENKO, Doctor of Technical Sciences, director «Baskey LTD» (Novosibirsk);
 A.I. NIKITIN, CEO, «Baskey Ceramics LTD» (Chelyabinsk); G.A. KISELEV, Engineer,
 «Ki Ko Stroj Service» (Uralsk, Republic of Kazakhstan)

Теплоизоляционный материал на основе опокового сырья

Heat insulators based on silica clay raw materials

Разработка и производство долговечных, экологически безопасных и эффективных теплоизоляционных материалов для районов Урала, Сибири и Дальнего Востока по-прежнему является актуальной задачей. Минеральные изделия на синтетических связующих, полистирол и другие искусственные органические материалы, как показывает практика, со временем теряют свои теплозащитные свойства [1]. По этой причине наука и производство обращаются к новым материалам, которые, как принято, оказываются старыми и незаслуженно забытыми. К таким материалам можно отнести пеностекло, пеносиликаты и пеностеклокристаллические материалы, которые отличаются по виду исходного сырья и технологическим приемам их производства [2]. Легкий ($\rho_{\text{нас}}=140\text{--}650\text{ кг/м}^3$), прочный ($R_{\text{сж}}=0,5\text{--}5\text{ МПа}$), долговечный и негорючий материал с низкой теплопроводностью ($0,045\text{--}0,1\text{ Вт/м}\cdot\text{К}$) может выпускаться как в виде гранул, так и в виде блоков и плит [3]. В настоящее время технология производства пеностекла, разработанная в нашей стране академиком А.И. Китайгородским, предлагается в аппаратном оформлении немецких фирм Foamglas и Poraver.

Несмотря на высокое качество пеностекла из стеклобоя или специально сваренного стекла, это производство пока не получило широкого развития. Основными причинами являются высокие энергетические затраты на варку стекла, ограниченность такого источника сырья, как бой стекла, который характеризуется широким разнообразием химического состава, и высокая стоимость оборудования.

В России существуют не только теоретические, но и реализованные уже в производстве разработки по получению пеноматериалов типа пеностекла с использованием кремнеземсодержащих пород без их предварительной переплавки в стекло [2].

Основные виды кремнистых пород (трепел, диатомит, опока и др.) не содержат собственного источника порообразующих газов и характеризуются довольно высокой температурой плавления (свыше 1100°C), тем не менее имеются серьезные основания использовать их в качестве сырья для изготовления пеностекла. Кремнистые породы относятся к опал-кристобалитовым разновидностям с высоким содержанием химически активного аморфного кремнезема, что определяет основное на-

Development and production of durable, environmentally-friendly and effective heat insulators for Ural, Siberia and Far East regions is still a topical challenge. Experience has proven that, as time goes on, mineral products on synthetic binders, polystyrene, and other artificial organic materials lose their thermal-insulating properties [1]. For this reason, science and industry seek for new materials which routinely turn out to be undeservingly dust-down and forgotten. Among these materials, there are foamed glass, foamed silicates, and foamed-crystal materials which differ in raw material kinds and techniques of manufacture [2]. This light ($\rho_{\text{pour}}=140\text{--}650\text{ kg/m}^3$), resisting ($R_{\text{compr}}=0,5\text{--}5\text{ МПа}$), durable and inflammable material with low thermal conductivity ($0,045\text{--}0,1\text{ W/m}\cdot\text{K}$) can be produced in the form of either granules, or blocks and plates [3]. Today, the technology of foamed glass production developed in Russia by Academician Kitajgorodsky A.I., is implemented in the equipment of German companies «Foamglas» and «Poraver».

In spite of the high quality of the foamed glass from glass scrap or specially prepared glass, this production process has not been commonly implemented yet. Main restrictions here are high energy consumptions for glass melting, limitedness of such a material source as glass scrap which features wide diversity of chemical compound, and also high price of German equipment.

In Russia, there are not only theoretical but also commercialized projects for the production of foamed materials involving silica-containing rocks not pre-melted into glass [2].

Main types of silica rocks (tripolith, diatomite, silica clay, etc.) do not contain an inherent source of pore-forming gases and feature quite a high melting point (above 1100°C); nevertheless, there is a serious motivation to use them as a raw material for the foamed glass production. Silica rocks belong to the opal-crystobalite varieties with a high content of chemically active amorphous silica, which governs the main direction of the technological process of porous construction materials production. The process is based on the interaction between the amorphous silica and NaOH solution resulting in the formation of hydrated polymer sodium silicates, i. e. liquid glass ($\text{Na}_2\text{O}\cdot m\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$). Application of sodium hydroxide in foamed materials production from silica rocks solves two problems: melting point decrease and formation of a bloating gas source.

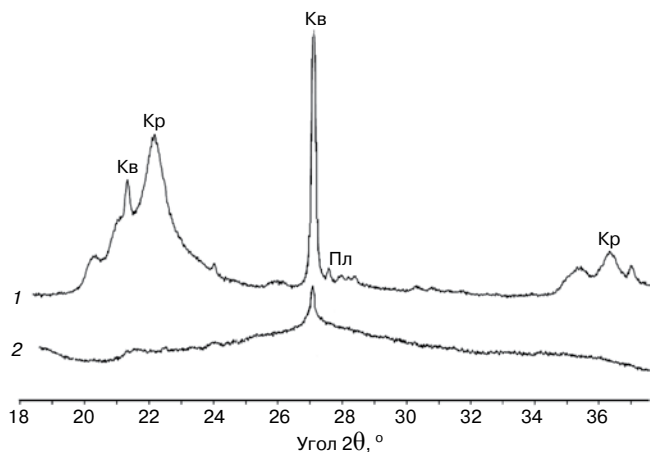


Рис. 1. Порошковые дифракционные профили: 1 – опока; 2 – ГПС, изготовленное на промышленном оборудовании; Кв – кварц; Кр – кристобалит; Пл – плагиоклаз

Fig. 1. Powder diffraction profiles: 1 – silica clay; 2 – GFG manufactured in industrial equipment. Qua – quartz; Cr – cristobalite; Pl – plagioclase

правление технологического процесса изготовления из них пористых строительных материалов. В основе лежит взаимодействие аморфного кремнезема и раствора NaOH с образованием гидратированных полимерных силикатов натрия – жидкого стекла ($\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Использование гидроксида натрия в процессе производства вспененных материалов из кремнистых пород решает две задачи – снижение температуры плавления и образование источника вспучивающего газа.

Несмотря на то что работы по изготовлению пеноматериалов из природного сырья ведутся уже более десятка лет, действующих заводов такого профиля в России нет, за исключением небольших опытных производств. Это связано с недостаточной научной проработкой процессов стеклообразования и газовыделения в таких составах, а также со сложностью переноса ряда процессов на промышленный уровень.

В работе представлены результаты лабораторно-технологической оптимизации составов и термической режимов получения гранулированного пеностекла (ГПС) с последующими полупромышленными испытаниями его изготовления из опоковой породы Шиповского месторождения (Республика Казахстан, Южный Урал).

Комплексное исследование кремнистого сырья проводилось в ИГМ СО РАН методами рентгенофлуоресцентным (VRA-20R), рентгеновской дифрактометрии (Thermo Scientific ARL-X'tra), термогравиметрии (Mettler TC-10A) и электронной микроскопии (Philips XL30-FEG) [4]. Химический состав опоки представлен в табл. 1.

Основной составляющей опоки является хомогенный опал, кристаллические фазы представлены кварцем и кристобалитом, в незначительном количестве присутствуют плагиоклаз и глинистые минералы (рис. 1). Порода является пористым конгломератом (пористость до 85%), что способствует образованию гидратированных полисиликатов натрия не только на поверхности частиц, но и в их объеме.

Результаты лабораторно-технологических исследований. В лабораторных условиях были разработаны оптимальные составы и способы подготовки гранул для изготовления ГПС и блочного пеностекла из опокового сырья при концентрации гидроксида натрия в составах (на су-

Though the works for foamed substances production from natural raw materials have been performed within more than 10 years, there is still no special operational factory in Russia, except for small experimental plants. It results from insufficient academic elaboration of the problems of glass formation and gas elimination in such compositions, and also from the complexity of conversion of some processes to the industrial level.

The present paper shows the results of the lab-scale technological optimization of the compositions and thermal modes for the production of granulated foamed glass (GFG), followed by pilot tests of the production of this glass from the silica clay from Shipov field (Republic of Kazakhstan, South Ural).

Complex analysis of the silica clay was performed in the Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, by the X-ray-fluorescence (VRA-20R), X-ray diffractometry (Thermo Scientific ARL-X'tra), thermogravimetry (Mettler TC-10A), and electronic microscopy (Philips XL30-FEG) methods [4]. Chemical compound of the silica clay is presented in Table 1.

The main component of the silica clay is chemogenic opal, crystal phases are presented by quartz and cristobalite; there are also minor quantities of plagioclase and clay minerals (Fig. 1). The rock is a porous conglomerate (porosity rate reaches 85%), which promotes formation of hydrated sodium polysilicates, not only on a particle surface but also inside them.

Results of the lab-scale technological analysis. Optimal compositions and methods of granules preparation were developed in laboratory conditions in order to manufacture the GFG and block-structured foamed glass from silica-clay raw material, as the sodium hydroxide concentration in the compositions (per dry components of the furnish) varied from 17 to 22 mass per cent. With the maximum concentration of NaOH, the obtained GFG had the poured density of 80 kg/m^3 , block-structured foamed glass density was of 120 kg/m^3 . With the same sodium hydroxide concentration in the furnish (17 mass per cent), regarding the peculiarities of granulate preparation technique, we produced the GFG of size $-12 + 10 \text{ mm}$ with the poured density within the range from 135 to 200 kg/m^3 .

Results of pilot tests. Laboratory results were tested on the pilot equipment for the simulation and tuning of the technological modes of foamed silicates production from silica rocks, firm «Baskey Ceramics».

The representative technological samples of the silica clay from Shipov field had the humidity of 32–35%, size $-40 + 0 \text{ mm}$; it was simultaneously dried up to 6–8% humidity and crushed to the size $-140 + 0 \mu\text{m}$ in the crushing-drying machine USP-S-04.55M with the capacity of 2 tones per hour. The average size range of the crushed silica clay from three tanks of the machine aspiration system approached to the grain range of the silica clay powder used for GFG production in the laboratory conditions.

The produced powder was granulated in the industrial periodical turbo-bladed mixer-granulator TL-100 made by «Dzerzhinsktekhnomash». In order to provide the processes of silicate-forming and granulation, the technological parameters such as granulation time, humidity, and size range

Таблица 1
Table 1

Содержание оксидов в % на сухое вещество Oxide percentage % per dry substance										
SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	ППП Losses when calcinating
81,07	7,63	0,43	3,87	0,036	1,08	0,69	0,23	1,66	0,08	3,59

Таблица 2
Table 2

Наименование показателей Parameter	Единицы измерения Unit	Результаты испытаний Test result		Требования по ТУ 5914-001-73893595-2005 Requirements of TU 5914-001-73893595-2005
		значение value	марка size	
Объемно-насыпная плотность фракции 2,5–5 мм Poured-bulk density of fraction 2,5–5 mm	кг/м ³ kg/m ³	220	D250	201–250
Предел прочности на сжатие в цилиндре Ultimate compressive resistance in the cylinder	МПа MPa	1,54	П100	1,2–1,6
Устойчивость против силикатного распада (ГОСТ 9758–86 «Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний») Resistance to silicate disintegration (GOST 9758–86 «Fillers porous inorganic for construction works. Test methods»)	%	1,4	–	Не более 5 No more than 5
Морозостойкость 15 циклов Frost resistance 15 cycles	%	1,8	–	Не более 8 No more than 8
Водопоглощение по объему Humidity absorption, vol.	%	4,2	–	2–20
Потери массы при кипячении Loss of mass during boiling	%	0,55	–	Не более 5 No more than 5
Содержание водорастворимых сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO ₃ Content of water-soluble sulphides and sulphites in SO ₃ equivalent	%	0,22	–	Не более 1 по массе No more than 1 by mass

хую часть шихты) от 17 до 22 мас. %. При максимальной концентрации NaOH получены ГПС с насыпной плотностью 80 кг/м³ и блочное пеностекло с плотностью 120 кг/м³. При одной и той же концентрации гидроксида натрия в шихте – 17 мас. % в зависимости от особенностей подготовки гранулята было получено ГПС класса -12 +10 мм с насыпной плотностью в диапазоне от 135 до 200 кг/м³.

Результаты опытно-промышленных испытаний. Проверка полученных в лабораторных условиях результатов проводилась на оборудовании опытно-промышленного цеха по моделированию и отладке технологических режимов производства пеносиликатов из кремнистых пород фирмы «Баскей керамик».

Представительная технологическая проба опоки Шиповского месторождения влажностью 32–35% класса -40+0 мм была одновременно высушена до влажности 6–8% и измельчена до класса -140+0 мкм в измельчительно-сушильной установке УСП-С-04.55М производительностью 2 т/ч. Средний фракционный состав измельченной опоки из трех бункеров аспирационной системы установки был близок к зерновому составу порошка опоки, используемого для изготовления ГПС в лабораторных условиях.

Полученный порошок гранулировали на промышленном турболопастном смесителе-грануляторе ТЛ-100 периодического действия производства «Дзержинсктехномаш». Были отработаны технологические параметры (время грануляции, влажность и фракционный состав гранулята), обеспечивающие протекание процессов силикатообразования и гранулирования. В турболопастном грануляторе был получен гранулят полифракционного состава влажностью 22%.

Сушку гранулированной опоки осуществляли в промышленной барабанной сушилке ЗАО «Продсельмаш». Сухой гранулят перед обжигом в электрической печи (производство «Уралэлектрпечь») смешивали с 10–15 мас. % каолинового порошка для предотвращения слипания гранул при вспучивании. Режимы сушки и обжига ГПС при проведении полупромышленных испытаний соответствовали лабораторной прописи.

Физико-механические свойства пробы полученного пеностекла определены в лаборатории ОАО «Западно-Сибирский испытательный центр». Результаты испытаний, выполненных по ГОСТ 9758–86, приведены в табл. 2.

На рис. 2, а показана пористая структура ГПС на основе опоки Шиповского месторождения, которая характеризуется однородностью и удовлетворительной остеклованностью. В остеклованных стенках пор

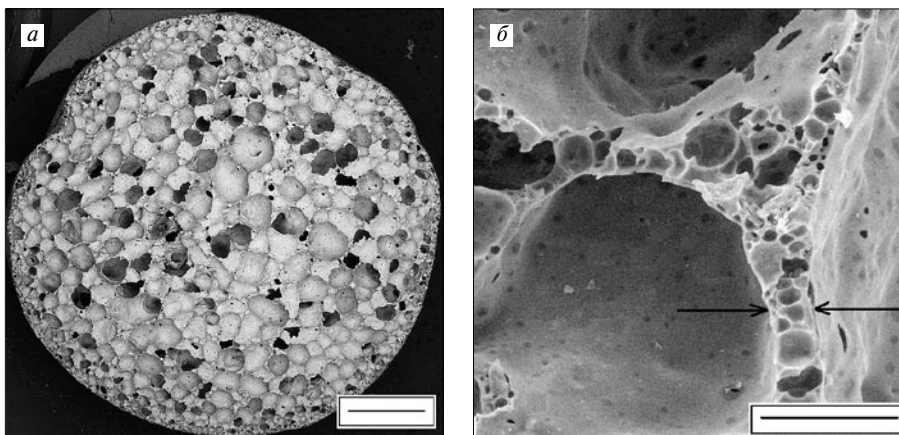


Рис. 2. Общий вид пористой макроструктуры ГПС. Масштабная линейка соответствует 2 мм – а; пористая микроструктура ГПС. Масштабная линейка соответствует 500 мкм – б

Fig. 2. General view of a porous macrostructure of the GFG. Scale rule corresponds to 2 mm – a; a porous microstructure of the GFG. Scale rule corresponds to 500 μm – b

of the granulate were practiced. The granulate of poly-fraction composition, with the humidity of 22%, was produced in the turbo-bladed granulator.

The granulated silica clay was dried in the industrial heating drum of «Prodsel'mash Ltd». Before the calcination in an electrical furnace (made by «Uralelectropech'»), the dry granulate was mixed with a kaolin powder (10–15 mass %) in order to prevent granules adhesion during the bloating. The modes of GFG drying and calcination during the pilot tests correlated to the laboratory recipe.

Physical and mechanical properties of the representative sample of the produced foamed glass were detected in the laboratory of JSC «Zapadnosibirskij isputatel'nyj zentr» («West-Siberian Test Center»). The results of the tests made in accordance with GOST 9758–86, are presented in Table 2.

(рис. 2) формируются более мелкие поры, которые свидетельствует о равномерном образовании гидратированных полимерных силикатов натрия по всему объему гранулированного материала.

Результаты опытно-промышленных испытаний показали, что на основе широко распространенных на территории кремнистых пород с использованием отечественного оборудования можно организовать в промышленных масштабах производство гранулированного пеностекла, соответствующего всем нормативным показателям.

Ключевые слова: кремнеземистое сырье, опока, пено-стекло.

Список литературы

1. *Иванов К.С.* Изоляционный материал для термостабилизации грунтов // Криосфера Земли. 2011. Т. XV. № 4. С. 120–122.
2. *Кетов А.А.* Получение строительных материалов из гидратированных полисиликатов // Строительные материалы. 2012. № 11. С. 22–24.
3. *Горайнов К.Э., Горайнова С.К.* Технология теплоизоляционных материалов и изделий. М.: Стройиздат. 1982. 296 с.
4. *Казанцева Л.К., Железнов Д.В., Сереткин Ю.В., Ращенко С.В.* Формирование источника порообразующего газа при увлажнении природных алюмосиликатов раствором NaOH // Стекло и керамика. 2012. № 10. С. 37–42.

Fig. 2, a shows the porous structure of the GFG based on the silica clay from Shipov field; it features uniformity and satisfactory vitrification. In the vitrified walls of pores (Fig. 2), smaller pores form; this vindicates the uniform formation of hydrated polymer sodium silicates over the whole volume of the granulated material.

The results of pilot tests show that it is possible to organize the industrial-scale production of granulated foamed glass, which would satisfy all reference standards, using widely spread silica rocks and home equipment.

Key words: siliceous raw material, silica clay, granulated foamed glass.

References

1. *Ivanov K.S.* Insulators for ground thermal stabilization // Cryosphere of the Earth. 2011. Vol. XV. № 4. Pp. 120–122. (in Russian)
2. *Ketov A.A.* Production of constructional materials from hydrated polysilicates // Stroitel'nye Materialy. 2012. № 11. Pp. 22–24. (in Russian)
3. *Goryajnov K.E., Goryajnova S.K.* Technology of heat-insulating materials and products. Moscow: Strojizdat, 1982, 296 p. (in Russian)
4. *Kazantceva L.K., Zheleznov D.V., Seretkin Yu.V., Raschenko S.V.* Formation of a pore-forming gas source at natural aluminosilicate wetting with NaOH solution // Glass and Ceramics. 2012. № 10. Pp. 37–42. (in Russian).



ФОРУМ XXIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

УРАЛСТРОЙИНДУСТРИЯ

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ

МАЛОЭТАЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

24–27 сентября **УФА–2013**

БВК БАШКИРСКАЯ ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ

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

www.stroybvk.ru

techtextil
RUSSIA symposium

techtextil
RUSSIA

Techtextil Russia Symposium 2013

18–19 апреля 2013 г. в Москве состоялся VII Международный симпозиум по техническому текстилю, нетканым материалам и защитной одежде Techtextil Russia 2013. Мероприятие прошло под патронатом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, Торгово-промышленной палаты Российской Федерации, Российского союза строителей, Российского союза предпринимателей текстильной и легкой промышленности. Мероприятие получило поддержку ведущих российских и иностранных профильных организаций.

Текущий симпозиум стал самым крупным из всех проводимых ранее. Более 180 специалистов из 92 компаний, представители профильных ассоциаций и СМИ из различных регионов России и зарубежья приняли участие в симпозиуме. В течение двух дней делегаты симпозиума получили актуальную информацию о текущей ситуации в мировой и отечественной текстильной промышленности, о перспективах ее развития, узнали о новых технологиях и опыте ведущих компаний-производителей, разработчиков технического текстиля.

В этом году главной темой симпозиума стали «Защитные и строительные материалы на волокнистой основе: новые технологии, опыт применения в России».

Пленарное заседание открыл генеральный директор КТК «Иврегионсинтез» Василий Гуцин, рассказав о перспективах развития текстильного производства в Ивановской области. О тенденциях в крупнейших странах-производителях технического текстиля (Германия, США, Индия, Китай) подробно рассказал Михаэль Энеке, директор бренда Techtextil. Продолжил пленарное заседание Юрий Хаханов из ОАО «РОСНАНО», выступив с докладом об инновационных технологиях в текстильной промышленности России и реализуемых проектах. В связи со вступлением России в ВТО была рассмотрена актуальная тема несоответствия действующих классификаторов в части нетканых материалов в докладе президента Союза производителей нетканых материалов «Р.И.Т.М.» М.М. Жигачева.

Симпозиум продолжила работа специализированных секций, посвященных защитному и строительному текстилю. С докладами выступили: В.А. Титов (ИГХТУ),

Т.Н. Кудрявцева (ОАО «ЦНИИЛКА»), Г.Е. Кричевский (Российский союз химиков и колористов), С.А. Мальнев (TWE Group), С.В. Королев (Объединение «Специальный текстиль»), Х. Саллинен (Klebschmie), Г.К. Мухамеджанов (НИИ нетканых материалов), Н.П. Пророкова (Институт химии растворов РАН), Дж. Селфхоут (Klieverik Heli BV), К.В. Филиппов (НЦ Институт медико-биологических проблем РАН РФ), Ю.М. Трещалин (Московский институт государственного и корпоративного управления), А.Н. Девятилов, О.Н. Столяров (ООО «Мегатех инжиниринг»), А.П. Сергеев (МГУТД), С.Б. Оренбах (МНТЦ «Текма»).

Большой интерес участников симпозиума вызвало выступление Клауса Петера Вендта (Liba Maschinenfabrik), посвященное разработке компании – мультиаксиальному полотну, которое может найти самое широкое применение в строительстве – укреплении откосов, армировании колонн, полов. Материал изготавливают с использованием углеродных волокон, что значительно снижает вес конструкции и обеспечивает отсутствие коррозии.

Участие в симпозиуме позволило компаниям, работающим на российском рынке, не только узнать о новых технологиях в текстильной промышленности, но и пообщаться, обменяться опытом с коллегами из разных стран и регионов России, а также завязать новые деловые контакты.

Симпозиум TechtextilRussia 2013, который прошел в этом году как самостоятельное мероприятие, продолжил традицию успешной подготовки в развитии выставки с одноименным названием в следующем году.

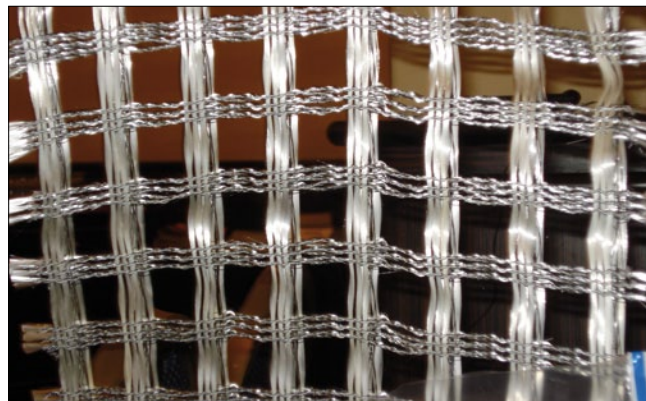
Международная выставка по техническому текстилю, нетканым материалам и защитной одежде Techtextil Russia 2014 состоится 11–13 марта 2014 г. в Москве в ЦВК «Экспоцентр».



Директор бренда Techtextil Михаэль Энеке



Участники симпозиума



Образец мультиаксиального полотна от компании Liba Maschinenfabrik

Моделирование температурно-влажностных процессов в пористых строительных материалах. Часть 6

Энергетический потенциал влажности капиллярно-пористых материалов

Для оценки влажностного состояния пористого материала наряду с парциальным давлением водяных паров и концентрацией влаги в порах применяют различные потенциалы: адсорбционный, капиллярный, экспериментальный и др. Введение каждого из перечисленных потенциалов связано с определенными целями.

Ранее [2, 3] был предложен потенциал влажности, который представляет собой модифицированный адсорбционный потенциал Гиббса. При этом давление насыщения в порах изменяется по сравнению с плоской поверхностью на величину $\Delta p_d = p_s - p_d$:

$$\theta_A = RT \ln \left(\frac{p_s - p_d}{p_s} \right) = RT \ln (1 - p_d / p_s), \quad (1)$$

где R – универсальная газовая постоянная; T – термодинамическая температура; p_s – давление насыщения водяного пара над плоскостью при данной температуре; p_d – парциальное давление водяного пара в диспергированной среде капиллярно-пористого тела.

Величину θ_A можно считать абсолютным энергетическим потенциалом влажности (Дж·моль⁻¹). Как видно из формулы (1), величина θ_A зависит от давления насыщения p_d над менисками жидкости при данной температуре. При понижении p_d , что соответствует уменьшению влагосодержания, увеличивается энергия связи влаги с материалом, а следовательно, снижаются потенциальные возможности влаги к перемещению, что приводит к уменьшению потенциала θ_A . Для абсолютно сухого капиллярно-пористого тела потенциал влагопереноса θ_A равен нулю. С увеличением влагосодержания давление p_d и потенциал θ_A возрастают. Перемещение влаги происходит в направлении от большего потенциала к меньшему, а на стыке двух пористых материалов при условии термодинамического равновесия их потенциалы будут равны, т. е. $\theta_{A1} = \theta_{A2}$, так же как будут равны температуры $T_1 = T_2$ и относительные влажности $p_1/p_s = p_2/p_s$.

Ограничение применимости формулы (1) для капиллярно-пористых тел определено физической возможностью существования мениска.

Выбор предельного радиуса поры, связанного с диапазоном действия капиллярных сил, является важным условием при определении верхнего предела применимости потенциала влажности. Из формулы видно, что при увеличении давления p_d до значений, близких к давлению насыщения p_s , потенциал θ_A стремится к бесконечности. По оценкам, приведенным в [4], капиллярные свойства влаги проявляются в сквозных порах с предельным радиусом 0,1 мм. При этом достаточно небольшого перепада давления, чтобы вода из капилляров радиусом 0,1 мм потекла. Следовательно, $r_m = 0,1$ мм можно считать предельным радиусом поры, при котором не учитывается влияние внешних силовых полей.

Этому радиусу соответствует относительное давление водяных паров $p/p_s = 0,9999$. Исследования интегральной пористости ряда строительных материалов, проведенные автором, показывают, что объем пор размером более 0,1 мм даже в крупнопористых материалах незначителен. Так, например, для газосиликата плотностью 390 кг/м³ этот объем составляет 0,5% полной пористости, равной 81%. Таким образом, можно считать, что потенциал, соответствующий предельному радиусу и давлению пара $p/p_s = 0,9999$, охватывает практически весь диапазон пор. Приняв величину этого потенциала за максимальную, введем шкалу относительного потенциала влажности. Потенциал, соответствующий заполнению пор размером 0,1 мм влагой, обозначим через θ_A^{max} . Тогда относительный потенциал θ_0 будет равен следующему отношению:

$$\theta_0 = \frac{\theta_A}{\theta_A^{max}} \cdot 100. \quad (2)$$

Относительный потенциал влажности, вычисленный по формуле (2), – безразмерная величина, поэтому ее размерность можно назначить произвольно, например в градусах влажности °В, как это принято в расчетах влажностного режима ограждающих конструкций зданий [5]. В соответствии с (2) относительный потенциал влажности θ_0 для сухого материала будет равен нулю, а потенциалу $\theta_0 = 100^\circ\text{В}$ соответствует увлажнение материала, при котором заполнены поры радиусом до 0,1 мм, т. е. все поры, в которых вода удерживается адсорбционными и капиллярными силами. Между этими реперными точками принята равномерная шкала. Подставляя в (2) значения потенциалов θ_A и θ_A^{max} , вычисленные по уравнению (1), получим выражение для определения относительного потенциала влажности, °В:

$$\theta_0 = -10,858 \ln(1 - p/p_s). \quad (3)$$

Из уравнения (3) следует, что относительный потенциал вычисляется по значениям p/p_s и не зависит от температуры. Зависимость потенциала θ_0 от влагосодержания определяют по кривым равновесного влагосодержания с влажной воздушной средой, т. е. по изотермам капиллярного испарения, полученным от полного насыщения материала влагой (рис. 1).

На зависимостях влагосодержания газосиликата ($\rho_0 = 390$ кг/м³), керамзитобетона (1350 кг/м³) и красного глиняного кирпича от потенциала влажности θ_0 можно отметить два характерных излома, которые обозначают переходы от одного энергетического состояния воды к другому. Так, переход от сорбционно-связанной влаги к капиллярной отмечается первым изломом в зависимостях при потенциалах $\theta_0 \approx 42^\circ\text{В}$. Для капиллярно-связанной воды, т. е. удерживаемой за счет кривизны мениска, характерны линейные участки в диапазоне изменения потенциалов 42–52°В. Ослабление капилляр-

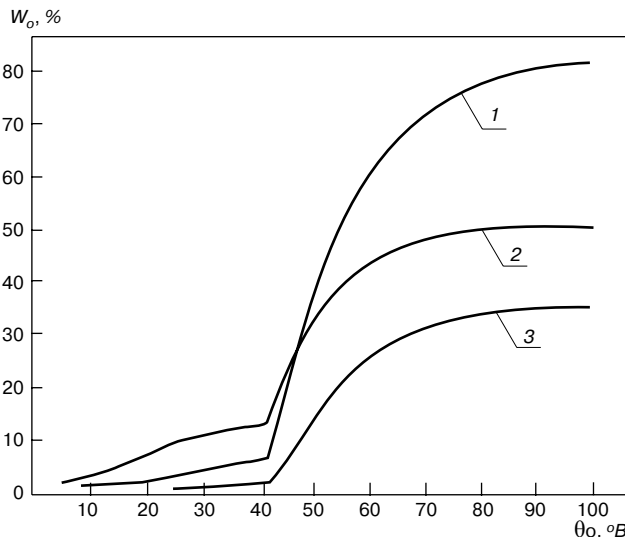


Рис. 1. Зависимость влагосодержания пористых материалов от относительного потенциала влагопереноса: 1 – газосиликат; 2 – керамзитобетон; 3 – красный глиняный кирпич

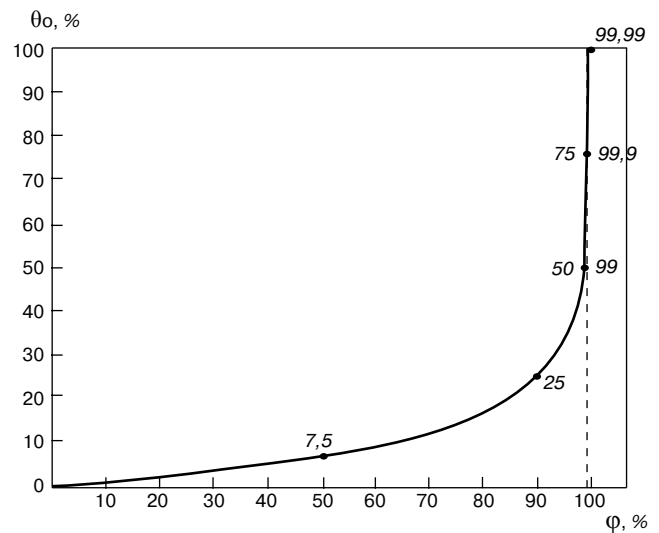


Рис. 2. Зависимость относительного потенциала влажности от относительной влажности воздуха

ных сил и переход к свободной воде отмечаются более плавным вторым изломом при $\theta_0 > 52^\circ\text{V}$. Кроме того, из приведенных зависимостей видно, что при термодинамическом равновесии материалов, т. е. при одном и том же потенциале, например 45°V , влагосодержания керамзитобетона, газосиликата и кирпича различны (соответственно 21; 16 и 4,5%). И наоборот, одной и той же влажности материалов, например 10%, соответствуют разные потенциалы влагопереноса. Следовательно, если эти материалы привести в соприкосновение, то согласно теории потенциала, несмотря на то что влажность всех трех материалов одинакова, влага будет перемещаться из материалов с большим потенциалом к материалу, потенциал которого меньше, до тех пор пока не наступит равенство их потенциалов.

Как видно из уравнения (3), потенциал θ_0 может также служить энергетической характеристикой воздушной среды, содержащей водяные пары при давлении p/p_s . В этом случае потенциал θ_0 служит сравнительной характеристикой энергии водяного пара по сравнению с жидкой фазой свободной воды. Для влажной воздушной среды зависимость относительного потенциала θ_0 от относительной влажности воздуха определяется непосредственно из уравнения (3). Такая зависимость показана на рис. 2. Основной диапазон изменения влагосодержания воздушной среды (от 0 до 0,99) оценивается относительным потенциалом от 0 до 50°V (при $p/p_s = 0,99$). Относительные потенциалы влажности воздуха при относительных давлениях водяных паров соответственно равны: при $p/p_s = 0,5 - 7,5^\circ\text{V}$; $p/p_s = 0,9 - 25^\circ\text{V}$; $p/p_s = 0,99 - 50^\circ\text{V}$; $p/p_s = 0,999 - 75^\circ\text{V}$ и $p/p_s = 0,9999 - 100^\circ\text{V}$.

Таким образом, предлагаемые абсолютный и относительный энергетические потенциалы влажности отвечают требованиям теории потенциала и являются хорошим инструментом для анализа влагопереноса в изотермических условиях.

Удельный поток влаги в неизотермических условиях складывается под действием двух движущих сил: градиента потенциала изотермического влагопереноса $\nabla\theta$ и градиента температуры ∇T :

$$J_m = -a_m (\nabla\theta + \delta_0 \nabla T), \quad (4)$$

где J_m – удельный неизотермический поток влаги; a_m – коэффициент потенциалопроводности влаги.

Физико-математическую модель неизотермического тепло- и влагопереноса на основе относительного по-

тенциала влажности можно представить в виде следующей системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dT}{d\tau} = \text{div}(a^T(\theta, T)\nabla T); \\ \frac{\partial\theta}{\partial\tau} = \text{div}(a^\theta(\theta, T) \cdot \nabla\theta + w^T), \end{cases} \quad (5)$$

где $w^T = \text{div}(a^\theta(\theta, T)\delta^\theta(\theta, T)\nabla T)$ – источник или сток потенциала влажности; ∇ – дифференциальный оператор; θ – относительный потенциал влажности; a^T и a^θ – соответственно коэффициенты теплопроводности и потенциалопроводности; $\delta^\theta = -\partial\theta/\partial T$ – термоградиентный коэффициент, позволяющий определить поток влаги через градиент температуры.

В данной системе уравнений второй член второго уравнения представляет собой источник или сток потенциала влажности (термическую конденсацию или испарение влаги) за счет изменения температуры. Это очень важная составляющая системы уравнений (5), так как потенциал влажности, как абсолютный, так и относительный, получены при термодинамическом равновесии воды с пористым материалом. Поэтому потенциалы влажности отражают лишь равновесное влагосодержание материала при определенных p/p_s и температуре, но никак не учитывают термическую конденсацию или испарение (источники и стоки) влаги при изменении градиента температуры.

Ключевые слова: влажные пористые материалы, потенциал влажности.

Список литературы

1. Горшков В.И., Кузнецов И.А. Физическая химия. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. С. 23.
2. Перехоженцев А.Г. Новый метод определения потенциала переноса влаги в капиллярно-пористых материалах // Бюллетень ВНИИАЛМИ. 1991. Вып. 26(63). С. 4–9.
3. Перехоженцев А.Г. Потенциал переноса влаги влажных капиллярно-пористых материалов // Изв. вузов. Строительство. 1992. № 2. С. 101–104.
4. Физико-химическая механика природных дисперсных систем / Под ред. Е.Д. Шукина, Н.В. Перцова и др. М.: Изд-во МГУ, 1985. 266 с.
5. Богословский В.Н. Тепловой режим зданий. М.: Стройиздат, 1979. 248 с.



Торжественное открытие MosBuild-2013



В павильоне «Форум» всегда многолюдно



Стенд издательства «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ» никогда не пустует



Компания «ТД Шекиноазот» (Тульская область) представила на стенде строительные мембраны марки Технопаут

MosBuild-2013

В Москве завершилась одна из крупнейших в Европе ежегодная строительная и интерьерная выставка, организованная группой компаний ITE.

Выставка проведена при поддержке Министерства регионального развития Российской Федерации, Комитета Государственной думы Федерального собрания Российской Федерации по земельным отношениям и строительству, Комитета Совета Федерации Федерального собрания Российской Федерации по федеративному устройству, региональной политике, местному самоуправлению и делам Севера, Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Правительства Москвы, Московской городской думы, Правительства Московской области, Торгово-промышленной палаты Российской Федерации, Общероссийского межотраслевого объединения работодателей «Российский союз строителей», Национального объединения строителей (НОСТРОЙ), Ассоциации «АСКОМ», Российского союза промышленников и предпринимателей, Союза архитекторов России, Союза дизайнеров России и Национального объединения проектировщиков.

В 2013 г. экспозиции MosBuild разместились на двух центральных выставочных площадках Москвы: в ЦВК «Экспоцентр» и на ВВЦ и проходила в двухнедельном формате. Впервые выставка была разделена на три масштабные экспозиции: MosBuildFenestration, MosBuildBuilding&Interiors и MosBuildCersanex.

Со 2 по 5 апреля в ЦВК «Экспоцентр» прошел раздел Building&Interiors / «Строительство. Интерьер», объединивший 10 специализированных выставок строительной и интерьерной тематики.

В это же время на ВВЦ в павильоне 75 состоялась тематическая экспозиция Fenestration / «Окна. Фасады. Ворота. Автоматика». В рамках этого раздела была представлена продукция и технологии ведущих международных и отечественных производителей и поставщиков по четырем направлениям: «Окна. Фасады», «Архитектурное стекло», «Ворота. Автоматика», «Противопожарное оборудование».

Вторая неделя MosBuild прошла с 16 по 19 апреля на территории ЦВК «Экспоцентр» и была целиком посвящена тематической экспозиции Cersanex / «Керамика. Камень. Сантехника», в которую вошло пять специализированных выставок.

Международная выставка MosBuild традиционно стала площадкой для диалога профессионального сообщества, единым информационным и деловым пространством отрасли. В выставке приняли участие 2309 российских и зарубежных компаний из 43 стран мира. При поддержке своих государств были представлены экспозиции 17 национальных групп из Бельгии, Венгрии, Германии, Греции, Испании, Италии, Китая, Кореи, Литвы, Малайзии, Португалии, Сербии, Тайваня, Финляндии, Франции, Хорватии, Чехии.

Экспозиционная площадь MosBuild-2013 составила 150 тыс. м². Около 100 тыс. специалистов строительной отрасли, посетившие выставку, имели возможность ознакомиться с новыми коллекциями и передовыми технологиями, большая часть которых была представлена на MosBuild впервые.

Среди участников MosBuild-2013 – крупнейшие производители и дистрибьюторы строительного и интерьерного рынков. В выставке приняли участие 1100 иностранных компаний, среди которых лидеры отрасли: MAPEI, Saint-Gobain, Rockwool, BASF, Wienerberger, Doorhan, Barausse, Roca, Gustavsberg, Villeroy&Boch, Nicolazzi, Tagina, Granitifiandre, Alutech, ReynaersAluminium, Schuco, URSA Eurasia и другие.

Впервые в выставке приняла участие компания из Канады «Hi-Lite Systems» (основана в 1952 г.), представившая опалубку и опорные системы из алюминия для монолитного строительства, которую можно использовать как в гражданском строительстве, так и при строительстве мостов.

Свои экспозиции представили более 1200 российских компаний: «ЕВРОЦЕМЕНТ груп», «Албес», «Альта-Профиль», Kerama Marazzi, «Ампир Декор», «Скол», «Италон», «Нефрит Керамика», НПО «Гласспром», «Реалит», «Амиго», «Полипласт», «Росстайл» и многие другие.

Среди дебютантов можно отметить компанию «Полиаэрпак» (Москва), которая занимается производством и продажей материалов на основе воздушно-пузырьковой пленки. Из всей номенклатуры выпускаемых ком-



В рамках выставки была проведена конференция «Время развивать бизнес. Земли Фонда «РЖС» для производителей строительных материалов»

панией материалов следует отметить материалы марок Энергофлекс® и Алюбабл® (отражающая теплоизоляция). Энергофлекс® – это теплоизоляционный материал, имеющий закрытоячеистую структуру. Трубки Энергофлекс® используют не только как утеплитель для труб, но и при работе с арматурой и емкостями разного назначения. Рулоны Энергофлекс® предназначены для использования в квартирах многоэтажных домов для теплоизоляции полов с подогревом. Алюбабл® – материалы, состоящие из воздушно-пузырчатой пленки толщиной 4 или 10 мм, ламинированной с одной или двух сторон алюминиевой фольгой (Алюбабл® АЛ) или металлизированной полипропиленовой пленкой (Алюбабл® ПП). В воздушно-пузырчатой пленке между слоями полиэтилена образованы замкнутые полости, содержащие сухой воздух, который является одним из лучших теплоизоляторов. Для защиты отражающего покрытия от воздействия внешней среды на алюминиевую фольгу нанесена тонкая лавсановая пленка. Отличительной особенностью этих теплоизоляционных материалов является высокое сопротивление теплопередаче и, как следствие, высокие теплоизолирующие свойства. Сопротивление теплопередаче данных материалов при равной толщине превосходит сопротивление теплопередаче традиционных материалов. Теплопроводность конструкций с Алюбаблом $\lambda=0,007-0,011$ Вт/(м·К).

Деловая программа MosBuild всегда вызывает особый интерес и внимание со стороны специалистов. Она включает множество мероприятий, предназначенных для различных целевых аудиторий, от студентов архитектурных вузов до первых лиц строительной индустрии.

Одним из центральных событий деловой программы 2013 г. стал e3Forum «Экология. Энергия. Эффективность». Он прошел в формате двух секций: «Экоустойчивая архитектура и строительство городов мира», где выступили представители AECOM, Drees&Sommer, SKMGroup, AGCGlassRussia, Arup Россия, «Архитектурная мастерская Асадова», Университет Феррары, Совет Инвалидов Франции, и секция «Жизненный цикл строительных материалов. Экологический аспект», в работе которой приняли участие компании BASF, «УРСА Евразия», Holcim, Velux и другие.

Премьерой деловой программы стало вручение Первой международной экологической премии в области строительных и отделочных материалов e3Awards с присуждением знака экологического качества e3. Номинантами премии смогли стать только продукты, прошедшие строгую оценку экспертного совета.

Во второй раз была вручена премия MosBuild Architecture & Design Awards (MADA).

Премия организована для молодых архитекторов и студентов архитектурных вузов, которые соревнуются в двух номинациях: лучшее архитектурное решение для создания доступной среды и лучший проект экоустойчивой архитектуры. По сравнению с прошлым годом возросло как количество участников, так и количество стран, представленных в конкурсе: на соискание премии было выдвинуто 143 работы из 35 стран. В деловую программу MosBuild традиционно вошел ряд конференций, каждая из которых стала значительным событием отрасли для специалистов строительной индустрии.

IX международная конференция «Технологии проектирования и строительства энергоэффективных зданий, PassiveHouse» традиционно собрала специалистов в сфере проектирования, практической реализации и эксплуатации энергоэффективных объектов на территории РФ, СНГ и стран Западной Европы.

Премьерным событием 2013 г. стало открытие на выставке специализированной площадки активного образования для молодых архитекторов и дизайнеров – MosBuildSchool. Успешно провели свои обучающие занятия в школе российские и зарубежные специалисты из Великобритании, Бельгии, Финляндии.

Деловую программу второй недели открыла конференция «Развитие рынка керамической плитки в России. Тренды и перспективы». Оценку состояния рынка дали первые лица компаний Vitra, IndexBox, «Атем», «Санта-Керамика», «Сокол».

Деловую программу MosBuild закрыло подведение итогов V Международного архитектурного конкурса «ArchCeramica. Керамика и Архитектура», посвященного возможностям использования керамической плитки в архитектуре и дизайне интерьеров.

Спикерами деловых мероприятий выставки стали более 100 ведущих экспертов, чьи выступления собрали около 3000 слушателей – специалистов строительной отрасли.

Главным итогом MosBuild стали подписанные контракты и достигнутые договоренности. Еще до окончания выставки Национальное новостное агентство Малайзии сообщило, что объем продаж представителей этой страны на MosBuild-2013 достиг 17,8 млн евро. В рамках выставки MosBuild-2013 крупные сделки заключались не только между участниками и посетителями, но и между самими участниками выставки.



К запуску производства пенностекляного щебня под торговой маркой «Пенностекло» готовится компания «АйСиЭм Гласс Калуга». Образцы продукции представлены на стенде



Высокопрочный гипс, производимый на Самарском гипсовом комбинате, используется не только как строительный материал

УДК 624.21.01.07

С.Н. ЛЕОНОВИЧ, д-р техн. наук, Белорусский национальный технический университет;
А.В. ПРАСОЛ, магистр техн. наук, Белорусский государственный университет транспорта
(Минск)

Железобетон в условиях хлоридной коррозии: деформирование и разрушение

На основе анализа экспериментальных исследований по взаимодействию конструкций с хлоридсодержащими средами [1–4], а также существующих моделей взаимодействия конструкций с различными агрессивными средами можно предположить, что коррозионное разрушение железобетонных элементов вследствие хлоридной агрессии может быть представлено в виде следующей диаграммы (рис. 1), где 1 – работа защитного покрытия в течение инкубационного периода до начала проникновения хлоридов в железобетонный элемент; 2 – проникновение хлоридов в железобетонный элемент и распределение их по его объему; 3 – наступление условий коррозии для арматуры; 4 – развитие коррозионного поражения арматуры с уменьшением ее сечения и образованием продуктов коррозии; 5 – коррозионное растрескивание бетона вокруг корродирующей арматуры; 6 – прорастание трещины сквозь бетон до поверхности конструктивного элемента; 7 – отслаивание защитного слоя бетона под давлением продуктов коррозии арматуры; 8 – работа конструктивного элемента с отслоившимся защитным слоем и нарушение сцепления прородированной арматуры с бетоном; 9 – разрушение конструктивного элемента вследствие наступления предельного состояния.

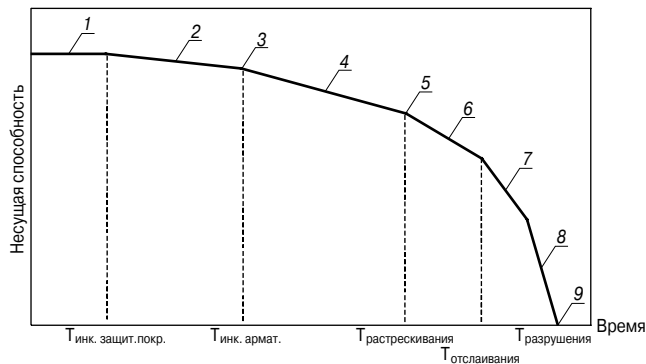


Рис. 1. Диаграмма снижения несущей способности под воздействием хлоридсодержащей среды

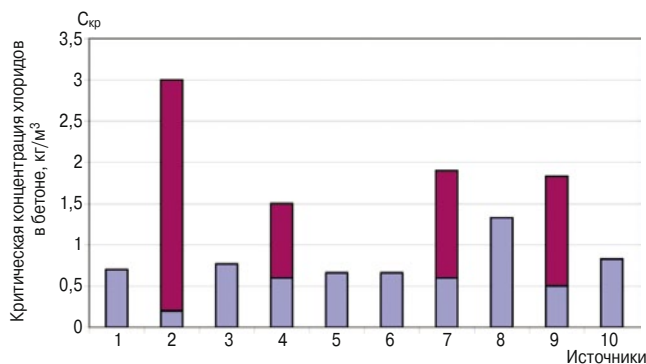


Рис. 2. Критическая концентрация хлоридов в бетоне, кг/м³, по данным: 1 – Levis D.A. (1962); 2 – Hausmann D.A. (1967); 3 – Berman H.A. (1972); 4 – Clear K.C., Hay R.E. (1973); 5 – Clear K.C. (1974); 6 – Stratfull R.F., Spellman D.L. (1975); 7 – Cady P.D. (1978); 8 – Brown R.D. (1982); 9 – Pfeifer D.W., Landgren J.R., Zoob A. (1986); 10 – Frangopol D.M. (1997)

Стальная арматура в бетоне защищена от коррозии тонкой пассивирующей пленкой, состоящей из оксидов железа, которая формируется на поверхности арматуры из-за сильнощелочной среды поровой влаги бетона. Коррозия арматурной стали начинается при разрушении пассивирующей пленки (депассивации).

Депассивация арматуры происходит в присутствии хлоридов пороговой или критической концентрации. Негативному воздействию хлорид-ионов в бетоне противопоставлены гидроксид-ионы, способствующие самозалечиванию пассивирующей пленки. Критической по опасности коррозии арматуры концентрацией хлорид-ионов в бетоне считают такую, при которой скорости процессов пассивации и депассивации одинаковы. Уровень критической концентрации хлоридов в бетоне зависит от рН-фактора бетона влажности бетона и концентрации агрессивного раствора в окружающей бетон среде. Результаты расчетов критической концентрации хлоридов представлены на рис. 2, 3 и в таблице.

После периода инициирования коррозия арматуры развивается в бетоне и приводит к образованию ржавчины, которая увеличивает давление, т. е. напряжение, в зоне сцепления арматуры и бетона. С распространением коррозии ее продукты, главным образом гидроксиды железа Fe(OH)₂ и Fe(OH)₃, занимают намного больший объем, чем арматура, таким образом оказывающие давление на окружающий бетон. Давление возрастает и вызывает образование трещин в бетоне. Трещина простирается через защитный слой, и в конечном счете напряжение приводит к разрушению бетона.

Железобетонная конструкция моделируется как толстостенный цилиндр под внутренним радиальным давлением. Схематическое представление процесса коррозии, вызывающего образование трещин в бетоне, показано на рис. 4.

При развитии коррозии продукты ржавчины заполняют поры бетона полностью и затем оказывают давление на бетон (рис. 4). Внутренний радиус будет увеличиваться, поэтому внутренний радиус толстостенного бетонного цилиндра $a(t)$ может быть выражен как:

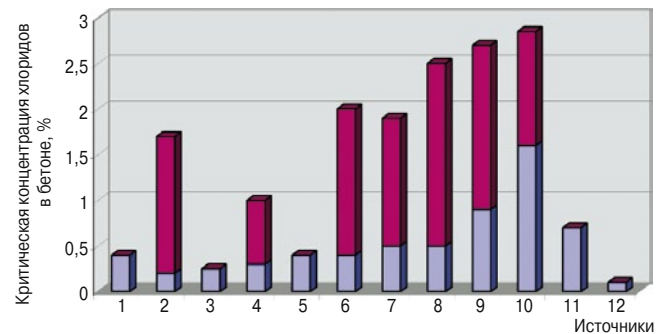


Рис. 3. Критическая концентрация хлоридов в бетоне, % мас. вяжущего: 1 – Алексеев С.Н., Иванов Ф.М. (1990); 2 – Vassie P. (1984); 3 – West R.E. (1985); 4 – Henriksen C.F. (1973); 5 – Bamforth P.B. (1994); 6 – Hansson C.M. (1990); 7 – Tuutti K. (1993); 8 – Schiessl P. (1990); 9 – Pettersson P.E. (1993); 10 – Lambert P. (1991); 11 – Schiessl P. (2004); 12 – Moser K., Edwardsen C. (2002)

Сталь	Арматура	Критическая концентрация C_{lim} , % массы вяжущего
Углеродистая	Ненапряженная	0,4
	Напряженная	0,2
Нержавеющая	Ненапряженная	1
	Напряженная	0,4

$$a(t) = \left[D + \frac{2d_0}{2} \right] + d_s(t), \quad (1)$$

где $d_s(t)$ – толщина продуктов коррозии, вызывающих растягивающие напряжения. Эту величину можно выразить:

$$d_s(t) = \frac{W_{rust}}{\pi(D + 2d_0)} \left(\frac{1}{\rho_{rust}} - \frac{\alpha_r}{\rho_{st}} \right), \quad (2)$$

где α_r – коэффициент, зависящий от типа продуктов коррозии; ρ_{rust} – плотность продуктов коррозии; ρ_{st} – плотность арматуры; W_{rust} – масса продуктов коррозии (ржавчина), которые вызывают критическое растягивающее напряжение.

Принято, что как только ржавчина полностью заполняет пространство между бетоном и арматурой, последующий рост коррозии приведет к появлению растягивающих напряжений. W_{rust} можно определить измерением плотности тока коррозии I_{corr} в $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ и рассчитать по формуле (3):

$$W_{rust} \left(\int_0^t 0,098 \frac{1}{\alpha_r} \pi D \cdot I_{corr} dt \right)^{1/2}. \quad (3)$$

Плотность потока коррозии I_{corr} можно определить для изгибаемых железобетонных конструкций как:

$$I_{corr} = 0,3683 \ln(t) + 1,1305, \quad (4)$$

где t – время, год.

Растягивающее напряжение по теории упругости может быть получено следующим образом:

$$\sigma_c(t) = P_1(t) = \frac{2E_{ef}d_s(t)}{(D + 2d_0) \left(\frac{b^2 + a^2(t)}{b^2 - a^2(t)} + \nu_c \right)}, \quad (5)$$

где E_{ef} – эффективный модуль упругости бетона; ν_c – коэффициент Пуассона для бетона; b – внешний радиус толстостенного бетонного цилиндра; $a(t)$ – внутренний радиус толстостенного бетонного цилиндра.

Минимальное напряжение, необходимое для образования трещин в защитном слое бетона, связано с прочностью бетона при растяжении и толщиной защитного слоя и σ_T может быть выражено как:

$$\sigma_T = \frac{2c \cdot f_t}{D + 2d_0}, \quad (6)$$

где f_t – прочность бетона при растяжении.

Одним из факторов, влияющих на скорость коррозии, является ширина раскрытия силовых трещин. С развитием коррозии ширина раскрытия трещин увеличивается, что вызывает отслаивание и разрушение бетона и в конечном счете разрушение.

Для оценки механического повреждения вследствие увеличения объема продуктов коррозии вокруг арматуры необходимо посредством упругого анализа рассчитать эквивалентное однородное внутреннее давление вокруг арматуры и напряжения в окружающем бетоне. В этой модели бетон рассматривается как толстостенный цилиндр, на который воздействует внутреннее давление продуктов коррозии.

Время начала отслаивания и разрушения бетона определено как момент времени, в который растягива-

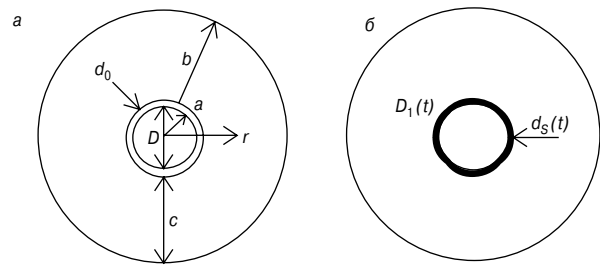


Рис. 4. Образование трещин под давлением продуктов коррозии: D – диаметр арматурного стержня; d_0 – толщина слоя продуктов коррозии в зоне сцепления арматуры и бетона; a и b – внутренние и внешние радиусы толстостенного бетонного цилиндра; c – толщина защитного слоя бетона

ющие усилия внутри толстостенного цилиндра превышают прочность бетона.

Инициирование трещин можно выразить:

$$\frac{\sigma_s}{f_t} = \frac{(c/d)^2 + (c/d)}{(c/d)^2 + (c/d) + 0,5}. \quad (7)$$

Развитие трещин можно выразить:

$$\frac{\sigma_c}{f_t} = \frac{0,5 + (c/d)}{1,665}. \quad (8)$$

Достижение трещиной поверхности:

$$\frac{\sigma_c}{f_t} = 2(c/d + 0,5), \quad (9)$$

где σ_c – внутреннее давление, вызванное продуктами коррозии; f_t – прочность бетона при растяжении; c_{cov} – толщина защитного слоя бетона; d – диаметр арматуры.

Величина этих периодов времени зависит от скорости коррозии, прочностных свойств бетона, отношения толщины бетона к диаметру арматуры, расстояния между арматурными стержнями и от внешних воздействий.

Таким образом, рассмотрено несколько механизмов снижения эксплуатационной надежности и безопасности железобетонной конструкции вследствие коррозии. На несущую способность этих конструкций влияет и уменьшение сечения бетона (вследствие образования трещин и отслаивания), и уменьшение площади арматуры, и потеря сцепления между арматурой и бетоном. Чтобы смоделировать предельное состояние отказа конструкции, остаточную прочность необходимо определить в соответствии с рекомендациями, изложенными в [5].

Ключевые слова: коррозия арматуры, прочность бетона, пассивация, депассивация, разрушение конструкции.

Список литературы

1. *Леонович С.Н.* Алгоритм расчета долговечности железобетонных конструкций при хлоридной агрессии: Сб. тр. VII меж. науч.-метод. семинара. Брест: БрГТУ, 2001. 5 с.
2. *Леонович С.Н.* Вероятностная оценка коррозии арматуры в существующих железобетонных конструкциях при хлоридной агрессии: Сб. тр. VII меж. науч.-метод. семинара. Брест: БрГТУ, 2001. 5 с.
3. *Леонович С.Н.* Моделирование трещиностойкости в бетоне под действием корродирующей арматуры // Вестник БНТУ. 2010. № 6.
4. *Леонович С.Н., Прасол А.В.* Воздействие хлоридов на железобетонные конструкции: моделирование проникновения в бетон // Наука и техника. 2012. № 2. С. 34–38.
5. *Леонович С.Н., Прасол А.В.* Модели периода инициирования коррозии арматуры // Строительные материалы. 2012. № 9. С. 74–75.



Проблемы проектирования и реализации городов обсудило общее собрание РААСН

17–19 апреля 2013 г. в Волгограде на базе Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета состоялось ежегодное Общее собрание Российской академии архитектуры и строительных наук.

За прошедший год академия вела научное сопровождение и разработку государственных программ в области архитектуры, градостроительства; завершена работа по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2008–2012 гг., утвержденной Правительством Российской Федерации.

Инновационный путь развития Российской Федерации и задачи, связанные с реализацией стратегии государства по качественному улучшению жизни, росту благосостояния граждан, укреплению суверенитета и безопасности нашей страны, предопределили необходимость рассмотрения развития системы расселения страны, городов и других поселений, чему и посвящена тема научной части Общего собрания: «Города России. Проблемы проектирования и реализации». Основной пленарный доклад на эту тему сделал вице-президент РААСН академик И.Г. Лежава [1].

Основными тенденциями в социально-экономическом и пространственном развитии России в последнем десятилетии стало ухудшение экологического состояния поселений, усиление территориальных диспропорций. Они с особой остротой проявляются в растущей концентрации населения в Москве и столичном регионе, ряде других крупных центров. В то же время существенно ухудшается ситуация в малых и средних городах и поселениях городского типа, особенно в монопрофильных поселениях.

Следует подчеркнуть, что в России с ее громадными расстояниями и неравномерностью хозяйственного освоения территории и расселения малые и средние города занимают особое место в экономической, социальной и политической жизни страны и ее пространственной организации. В большинстве это исторические корни российской государственности, национальной культуры и народных традиций.

В РААСН ведутся работы по градостроительным проблемам, касающимся улучшения стандартов качества жизни: определяются научные принципы организации пространственно-территориальных систем, обеспечивающих территориальную целостность, рациональное размещение производительных сил, оптимизацию миграционных процессов, углубление национально-культурной идентичности; формулируются основы городской политики как инструмента реализации национальной стратегии страны, региона, города.

Архитектура как вид и результат человеческой деятельности сама по себе является инновацией. В разных регионах и городах России проектирование осуществляется местными архитекторами. Историческое осмысление процессов развития российской архитектуры во всем ее многообразии, осуществляемое в НИИ РААСН, – важнейший залог успешного сохранения культурной идентичности регионов РФ. С докладом «Научное сопровождение ДальНИИС строительства уникальных объектов Саммита АТЭС-2012» от отделения строительных наук выступила член-корреспондент РААСН С.В. Вавренюк [2].

В области строительных наук в РААСН ведутся фундаментальные и научно-прикладные исследования по безопасности зданий и сооружений; по их конструктивным решениям; новым строительным материалам, создаваемым с использованием нанотехнологий; переработке техногенных отходов в экологически безопасные и низкоэнергоемкие материалы; по энергоэффективным зданиям и сооружениям.

Ежегодные общие собрания являются основной формой концентрации результатов научно-исследовательских и проектно-экспериментальных работ членов академии и академических НИИ. На них проводятся научные части – круглые столы по определенной тематике, результатом работы которых являются итоговые документы научных частей общих собраний, интегрирующие достижения академической науки.

17 апреля 2013 г. состоялись заседания круглых столов по отделениям: архитектуры – «Судьба города N. Вопросы развития сложившейся среды» (ведущий – вице-президент РААСН, академик А.В. Кузьмин); градостроительства – «Города, удобные для жизни», (ведущий – член-корреспондент РААСН Э.В. Сарнацкий); строительных наук – «Зеленые» здания» – нужны ли архитектору и инженеру новые здания?» (ведущий – член-корреспондент РААСН Ю.А. Табунщиков).

19 апреля 2013 г. на пленарном заседании Общего собрания РААСН состоялись выборы новых членов: **по отделению архитектуры** действительными членами по направлению «Архитектурная наука, педагогическая деятельность» избраны Е.И. Кириченко (Москва) и А.Б. Некрасов (Москва); на вакансию члена-корреспондента



С докладом выступает первый вице-президент РААСН академик В.А. Ильичев



Молодое поколение белгородской школы материаловедов на заседании круглого стола



Большой интерес вызвало выступление ректора ВолгГАСУ, советника РААСН С.Ю. Каляшикова об этапах взаимодействия ВолгГАСУ и РААСН.

В 1930 г., когда был открыт Сталинградский строительный институт, стали налаживаться первые связи города с академической наукой. В генеральном плане Сталинграда нашли отражение наиболее смелые и передовые градостроительные

и архитектурные идеи. После Сталинградской битвы начались работы по восстановлению города с участием академии. В 1944 г. генеральный план Сталинграда был подписан академиком К.С. Алабяном. В августе 1953 г. в Сталинграде состоялось собрание членов Академии архитектуры СССР и представителей архитектурных и строительных организаций. Было решено наряду с классическим стилем формировать новый архитектурно-художественный облик города, складывающийся из четырех основных ансамблей: комплекс сооружений Волжской ГРЭС возводился в северной части города; на Мамаевом кургане началось создание памятника-ансамбля в честь подвига героев Сталинградской битвы; Центральный ансамбль — планировавшийся тогда Дом Советов, площадь Павших Бойцов, Аллея Героев, спускающаяся к центральной набережной Волги; на юге города — монументальные сооружения Волго-Донского канала.

В 1952 г. был воссоздан строительный вуз в формате Сталинградского института инженеров городского хозяйства. В 1970–1980-е гг. продолжилось развитие института: расширился перечень специальностей, возросло число студентов до 11 тыс., укрепился кадровый потенциал вуза. В городе были построены крупные жилые массивы,

инфраструктурные объекты: скоростной трамвай, Третья продольная магистраль, системы берегоукрепительных работ, комплекс речного вокзала и др. Был создан целый производственно-образовательный комплекс, охватывающий вопросы от подготовки кадров до решения практических задач. В 1994 г. институт стал академией, а в 2003 г. получил статус университета. В 1990-х гг. открыты творческие специальности «Монументально-декоративное искусство», «Дизайн архитектурной среды», а также «Строительство (магистратура)», «Информационные системы и технологии», «Менеджмент организации» и др. В настоящее время в университете ведется подготовка кадров высшей квалификации: в аспирантуре по 30 специальностям, в докторантуре по 4 специальностям. Работают пять диссертационных советов по защите докторских и кандидатских диссертаций по 10 специальностям. В 2010 г. ВолгГАСУ в качестве соучредителя вошел в Стратегическое партнерство, созданное 14 ведущими архитектурно-строительными университетами России во главе с МГСУ. В 2011 г. решением президиума УМО по образованию в области строительства и Международной ассоциации строительных вузов было создано Волгоградское региональное отделение УМО и АСВ во главе с ВолгГАСУ, включившее 10 вузов из прилегающих регионов. В стратегической перспективе — построение отраслевого научно-образовательного кластера, охватывающего регион Нижнего Поволжья и прилегающие территории. Целью его является обеспечение эффективного взаимодействия науки и производства, в том числе практическое внедрение результатов фундаментальных и прикладных исследований, проводимых во взаимодействии с РААСН, а также построение сбалансированной структуры разноуровневого архитектурно-строительного образования, включающей начальное, среднее, высшее, послевузовское и дополнительное профессиональное образование.

РААСН по направлению деятельности «Творческая практика» избран В.И. Плоткин (Москва); по отделению градостроительства действительным членом по направлению «Градостроительная наука» избран В.Я. Любовный (Москва); действительным членом по направлению «Градостроительная практика» избран Г.В. Мазаев (Екатеринбург); по отделению строительных наук действительным членом по специальности «Энергосбережение, энергоэффективность и долговечность зданий и сооружений» В.И. Андреев (Москва); членом-корреспондентом по специальности «Строительная физика и вычислительные технологии» избран А.М. Белостоцкий (Москва). Иностранцами членами РААСН избраны: по отделению архитектуры О. С. Слепцов (Украина) и В. Шлапета (Чешская Республика); по отделению строительных наук Ю. Дзиопак (Польша).



Заседание круглого стола отделения строительных наук

Собрание приняло решение провести Общее собрание РААСН в апреле 2014 г. в Москве как отчетно-выборное с отчетом о деятельности за 2009–2013 гг. и выборами президиума РААСН. Отчетный доклад сделает президент РААСН А.П. Кудрявцев, содоклады первый вице-президент В.А. Ильичев и главный ученый секретарь Г.В. Есаулов.

Список литературы

1. Лежава Г.И. Проблемы проектирования городов России // Жилищное строительство. 2013. № 5. С. 5–13.
2. Вавренюк С.В. Научное сопровождение уникальных объектов саммита АТЭС // Жилищное строительство. 2013. № 5. С. 14–18.



Общее собрание РААСН — место встречи ученых из разных регионов России

ГК «СУ-155» занялась модернизацией производств

В 2013 г. ГК «СУ-155» начала модернизацию предприятий. Концепция технического перевооружения промышленных предприятий на 2013–2014 гг. предполагает модернизацию 13 организаций по производству стройматериалов и комплектов для строительного производства, машиностроительных заводов. На эти цели только в текущем году запланировано направить около 4 млрд р.

Предприятие группы компаний «Строммашина» (г. Кохма Ивановской области) заключило с голландской компанией Voortman контракт на изготовление и установку современного автоматизированного оборудования. Сделка на сумму почти 2 млн евро позволит группе компаний полностью удовлетворить внутренние потребности в металлозаготовках и повысить рентабельность промышленного блока, одновременно снизив зависимость от конъюнктуры рынка за счет собственного производства двутавровых балок. Объем производства будет увеличен с нынешних 700 до 3 тыс. т металлозаготовок в месяц, а цена двутавровой балки для машиностроительных заводов ГК «СУ-155» сократится на 40–50%.

Голландский партнер поставит и наладит линию по резке и механической обработке профильного проката, а также установку, позволяющую в автоматическом режиме обрабатывать листовой металл. При этом установка наносит при необходимости буквенно-цифровое изображение и рисует контуры примыкающих деталей на обрабатываемых заготовках.

Это позволит в дальнейшем безошибочно и гораздо быстрее, чем в настоящем, производить сборку любых металлоконструкций. При этом из технологического процесса исключаются дорогостоящие стенды и приспособления, сокращается время на подготовку производства. Таким образом, вырастает эффективность предприятия.

Третья автоматизированная линия предназначена для изготовления сварочным методом двутавровой балки. Эти балки широко применяются в строительстве и являются основным материалом при возведении металлокаркасных сооружений: используются в качестве опорных колонн, перекрытий, ферм.

Кроме того, на текущий момент утверждены мероприятия по модернизации различной степени и масштаба на следующих предприятиях ГК «СУ-155»: «Машиностроительном заводе» (г. Вичуга Ивановской области), «Домодедовском заводе ЖБИ», Нижегородском ДСК, Ивановском заводе ЖБИ «Стройиндустрия – Холдинг», Брянском заводе строительных конструкций и др.

Для решения задач промышленного перевооружения активно используется как российское оборудование, в том числе произведенное предприятиями ГК «СУ-155», так и оборудование из Германии, Голландии, Испании, США. За последние 12 лет в реконструкцию предприятий холдинг инвестировал около 27 млрд р.

По материалам ГК «СУ-155»

В гражданском строительстве зафиксирована тенденция к «дроблению» крупных инвестиционных проектов

В 2012 г. в данном сегменте резко сократилось количество инвестиционных проектов, на которые выделяются инвестиции в размере, превышающем 300 млн р. Эксперты объясняют данный фактор тенденцией к разделению одного крупного инвестиционного проекта на несколько с меньшим объемом финансирования и с разным сроком ввода в эксплуатацию.

Лидерами по количеству инвестиционных проектов в гражданском строительстве являются Центральный, Северо-Западный, Сибирский и Приволжский федеральные округа. Однако, как отмечают специалисты, по итогам 2011 и 2012 гг. значительную положительную динамику по количеству проектов продемонстрировал только Центральный федеральный округ.

Аналитики отмечают, что по всем регионам РФ, включая ЦФО, происходит уменьшение общего числа проектов, на которые выделяются инвестиции в объеме свыше 300 млн р. Таким образом, в 2012 г. в граждан-

ском строительстве в практику вошло разделение изначально крупного проекта, для строительства которого необходим большой приток инвестиций, на несколько различных. При этом сроки ввода различных частей проекта могут существенно различаться. В качестве примера можно привести жилой комплекс «Семь столиц», который возводится у юго-восточной границы Санкт-Петербурга. Изначально единый инвестиционный проект сейчас разделен на семь отдельных объектов. В настоящее время ведется строительство только квартала «Вена».

В целом объемы ввода жилой недвижимости превысили докризисный уровень, достигнув исторического рекорда по количеству в 826 тыс. сданных квартир за год. Несмотря на большое количество построенных квартир, у россиян зачастую недостаточно средств для их приобретения. При этом снизить себестоимость строительства в столицах зачастую не представляется возможным, поэтому активность строителей все больше сосредоточивается на регионах.

По материалам агентства INFOLine

Holcim запустил систему электронного оповещения

В конце марта компания «Holcim (Rus)» запустила систему электронного оповещения – уведомление об отгрузках цемента автотранспортом с завода «Вольскцемент» (Саратовская область) через SMS и e-mail. Текст сообщения содержит время отгрузки, количество тонн цемента и его марку, а также номер автомобиля и данные водителя. Оповещения формируются

через систему автоматизации логистики VAS, внедрение которой завершилось на заводе «Holcim (Rus)» летом 2012 г. Благодаря нововведению компания может четко отслеживать прохождение грузовым автомобилем различных этапов отгрузки в режиме реального времени. Таким образом, система VAS позволяет автоматизировать важные процессы отгрузки, что значительно экономит время на доставку.

По материалам ОАО «Holcim (Rus)»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Новый цементный завод будет перерабатывать золу и шлак

Специалисты готовят к открытию первый в Омске цементный завод ООО «Омский цемент», который полностью удовлетворит потребности регионального строительного рынка в строительном материале, а кроме того, будет перерабатывать золошлаковые отходы омских ТЭЦ (ЗШО). Завод позволит производить конкурентные по цене стройматериалы на основе местного сырья, что поможет снизить себестоимость строительства. Производственная мощность предприятия рассчитана на 700 тыс. т цемента в год с перспективным увеличением до 1 млн т. Новый терминал является одним из самых современных в Омске заводов с точки зрения оснащения. Производственный процесс практически полностью автоматизирован. Монтаж

оборудования проходил под контролем специалистов фирмы «Хофмайер» (Германия). Кроме того, производство является экологически безопасным: 18 фильтров улавливают вредные вещества и препятствуют их проникновению в атмосферу. Планируется, что для производства потребуется до 280 тыс. т ЗШО в год. Инвесторами выступили фирма «Сухоложскцемент», входящая в холдинг немецкой компании «Дюккерхофф» группы компаний BUZZI UNICEM, и ЗАО «Основа Холдинг».

Это будет третье предприятие регионального инновационного кластера по производству стройматериалов с применением золошлаковых отходов.

По материалам регионального информационного агентства «Омскинформ»

В Новосибирской области построят завод

Соответствующий договор между ГК «Первый строительный фонд» и УК «Промышленно-логистический парк Новосибирской области» был подписан 16 мая 2013 г. Площадь земельного участка в промышленно-логистическом парке (ПЛП) под строительство завода железобетонных изделий ООО «Арматон», которое входит в состав группы компаний «Первый строительный фонд», составит 12 га, общая площадь предприятия — более 50 тыс. м².

Выход завода на полную проектную мощность — 300 тыс. м² готового жилья в год запланирован на 2018 г. Управляющая компания ПЛП берет на себя обязательство обеспечить подключение объектов резидента к инженерной и транспортной инфраструктуре индустриального парка в объемах и сроках, соответствующих потребностям резидента. Генеральным поставщиком оборудования для предприятия выступит компания Weckenmann anlagentechnik GmbH & Co (Германия).

Всего в период 2013–2018 гг. планируются к подписанию три контракта на поставку оборудования для завода железобетонных изделий и производства крупных панелей. Первый контракт, в рамках которого будет реализована первая очередь завода мощностью 70 тыс. м² готового жилья в год, был подписан 8 мая 2013 г. Кроме того, уже сейчас ведутся работы по проектированию двух новых серий домов (25- и 17-этажных) с большим шагом несущих поперечных стен — до 7 м, что соответствует современным требованиям строительства.

Инвестор берет на себя обязательства создать на предприятии не менее 200 рабочих мест. Ожидается, что после ввода в эксплуатацию завода объем планируемых отчислений по налогам и сборам в бюджет Новосибирской области будет не ниже 22 млн р. в год.

По материалам информационного агентства Regnum

Иран выйдет на третье место в мире по экспорту цемента

К концу 2013 г. Иран обгонит США и станет третьим по величине экспортером цемента в мире. Иран, по прогнозам, экспортирует 18–20 млн т цемента в 2013 г., занимая третье место после Китая и Индии. Иран в настоящее время экспортирует цемент в 24 страны мира. Несмотря на международные санкции против Исламской республики, экспорт цемента из страны увеличил-

ся на 30% в 2012 г. по сравнению с 2011 г. Главными покупателями иранского цемента в 2012 г. были Ирак, Азербайджан, Туркмения, Афганистан, Россия, Казахстан, Таджикистан, Кувейт, Пакистан, Катар. Иран произвел более 70 млн т цемента в 2012 г. по иранскому календарю, который закончился 20 марта, и этот показатель достигнет 75 млн т к концу текущего года по иранскому календарю.

По материалам информационного агентства Regnum

Российский рынок керамической плитки вырос

В настоящее время керамическая плитка является одним из наиболее востребованных отделочных материалов. Согласно данным маркетингового исследования российского рынка керамической плитки по итогам 2012 г. объем этого сегмента российского рынка керамической плитки в натуральном выражении продемонстрировал рост почти на 17%. Для данного рынка характерен умеренный рост объемов начиная с 2009 г.

Доля импортной продукции на российском рынке керамической плитки составляет 36%, и в ближайшее время значительных ее изменений не предвидится. Это обусловлено стабильным спросом на продукцию высоко-

кого и среднего ценовых сегментов, где позиции зарубежных игроков сильнее, а также сокращением потока импорта.

Основная часть высокого ценового сегмента керамической плитки в России представлена итальянскими и испанскими производителями, суммарно в 2012 г. на них пришлось 25% поставляемого импорта.

В последние годы отечественные предприятия активно расширяют свое присутствие в сегментах продукции элитного класса, внедряя зарубежные технологии и оборудование. Это характеризует повышение качества отечественной продукции. Следовательно, можно ожидать дальнейший рост.

По материалам «РБК. Исследования рынков»

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

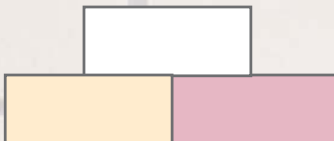
Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://www.rifsm.ru/page/7>

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

СИЛИКАТЭКС

**16–17 октября
2013 г.**

Екатеринбург



Тематика конференции:

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



Организатор конференции: журнал «Строительные материалы»®:

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®**

Оргкомитет:

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

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

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

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

Оборудование для керамической промышленности

Heavy Clay Jewels



novocer

KELLER HCW

morando

Rieter

KELLER HCW GmbH

Карл-Келлер-Штрассе 2-10 • 49479 г. Иббенбюрен-Лаггенбек
Германия

morando S.R.L.

Страда Рилате 22 • 14100 г. Асти • Италия

ООО КЕЛЛЕР ВОСТОК

ул. 2-ая Хуторская, дом 38а, стр. 9, офис 31
127287 г. Москва • Россия

Телефон: 8 495 6462821 • Телефакс: 8 495 6462834

Электронная почта: info@keller-hcw.ru • www.keller-hcw.ru

[facebook](https://www.facebook.com/keller.hcw) www.facebook.com/keller.hcw

KELLER A DIVISION OF **LEGRIS INDUSTRIES**