

СОДЕРЖАНИЕ

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.
ВЕДЕРНИКОВ Г.В.
ВЕРЕЩАГИН В.И.
ГОНЧАРОВ Ю.А.
ГОРИН В.М.
ГОРНОСТАЕВ А.В.
ГРИДЧИН А.М.
ЖУРАВЛЕВ А.А.
КОВАЛЬ С.В.
КОЗИНА В.Л.
ЛЕСОВИК В.С.
ПИЧУГИН А.П.
СИВОКОЗОВ В.С.
ФЕДОСОВ С.В.
ФЕРРОНСКАЯ А.В.
ФИЛИППОВ Е.В.
ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

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, корп. 3
Тел./факс: (495) 976-22-08
(495) 976-20-36
Телефон: (926) 833-48-13
E-mail: mail@rifsm.ru
http://www.rifsm.ru

Сырьевая база отрасли

Р.З. РАХИМОВ

Развитие и размещение производительных сил промышленности строительных материалов Республики Татарстан на период 2008–2030 годы 4

В.В. ЩИПЦОВ, Г.А. ЛЕБЕДЕВА, В.П. ИЛЬИНА

Перспективы использования минерально-сырьевой базы Карелии для производства строительных материалов 8

Нерудные строительные материалы

Г.Р. БУТКЕВИЧ

Резервы промышленности нерудных строительных материалов 11
Рассмотрены пути увеличения объемов выпуска нерудных строительных материалов: создание новых мощностей с использованием быстромонтируемых агрегатов.

Т.Т. ЛУКАШЕВА

Проблемы сегрегации и усреднения щебня и гравия 14
Приведены методика определения гранулометрического состава гравия в любой точке конусного склада; проект опытно-промышленной установки по уменьшению сегрегации заполнителей.

В.Л. БАРОН, М.А. АБДУЛКАДЫРОВ

Применение донных демпферов при взрывной отбойке вскрышных пород на карьерах штучного камня 17
Предложена конструкция резинового демпфера, обеспечивающая минимальную степень воздействия на породы; расположенные в верхних зонах нерегулируемого дробления демпферы позволяют на 10–15% уменьшить мощность защитных слоев.

Г.И. ЕВГЕНЬЕВ, А.Г. ЕВГЕНЬЕВА

Щебень по европейским стандартам 20
Проведено сравнение требований европейских и российских стандартов к щебню по наиболее отличающимся или не применяющимся в России показателям.

М.И. ОДИНОКИЙ

Оборудование для нерудных материалов 23
Описаны конвейеры, конвейеры-промыватели, вибрационные питатели различного типа, вибросушилки и сита для классификации нерудных материалов.

В.А. ДУБОВ, Н.В. СОЛОДКОВ

Технология и оборудование для эффективной переработки осадочных горных пород 26
Описаны различные варианты схем переработки осадочных горных пород при производстве щебня, позволяющих с максимальной эффективностью разрабатывать равнопрочные и неоднородные породы.

А.А. ГОРЛЯКОВ

«Дробмаш»: оборудование и технологии для производства щебня 30
Описаны технологические схемы дробильно-сортировочных установок ДСУ-30 и ДСУ-90 и отдельные агрегаты этих установок.

В.А. ОГУРЦОВ, С.В. ФЕДОСОВ, В.Е. МИЗОНОВ

Моделирование кинетики виброгрохочения на основе теории цепей Маркова .. 33
Приведен ряд результатов численных экспериментов с предложенной моделью. Показано, что наибольшее влияние оказывает скорость сегрегации и скорость прохождения частиц сквозь отверстия сита.

А.В. ПОЛУГРУДОВ, Г.И. ГЛУХИХ

Использование мельниц ударного типа для измельчения минерального сырья .. 36
Даны результаты сравнительных испытаний помола мраморной крошки на вибромельнице и роторной мельнице. Показаны преимущества мельниц ударного типа.

В.Г. КУЗНЕЦОВ, Т.Н. НОВИКОВА, И.П. КУЗНЕЦОВ

Снижение производительности карьерного оборудования за счет налипания горной породы 38
Показано, что объем налипающей породы составляет 15–30% вместимости ковша экскаватора. Применение противоналипающих футеровочных вкладышей позволяет увеличить производительность экскаватора на 12%.

А.А. САНДУЛЯК, А.В. САНДУЛЯК, М.Н. ПУГАЧЕВА, В.А. ЕРШОВА

Магнитостатические очистные аппараты (гребенчатые сепараторы): базовые характеристики рабочих зон 40
Получены и проанализированы базовые характеристики рабочих зон магнитостатических гребенчатых сепараторов, дающие качественную и количественную информацию об особенностях этих зон, учет которых необходим при создании промышленных аппаратов.

Л.С. СКАМНИЦКАЯ, Т.П. БУБНОВА

Изучение возможностей использования отходов щебеночных карьеров в качестве природных минеральных фильтров 42

Отходы действующих щебеночных предприятий составляют 30–50%. Проведено изучение возможности использования в качестве минеральных фильтров. Исследованы объекты различного генезиса. Даны рекомендации по возможности применения.

Материалы для дорожного строительства

Производство битумов в России: проблемы и задачи 45

В.А. ПОПОВ

Материалы и технологии ремонта жестких аэродромных покрытий 48

Рассмотрена эволюция технологий ремонта жестких аэродромных покрытий, применяемых материалов, машин и механизмов. Выполнен анализ недостатков традиционных методов ремонта, обосновано применение прогрессивных материалов и технологий.

А.В. ЧЕРНЯКОВ

Повышение эффективности струйной цементации на основе специальных добавок 51

Показано, что повышение эффективности струйной технологии состоит в увеличении однородности свойств грунтобетона. Для учета однородности введен класс грунтобетона. Исследовано влияние различных добавок на класс грунтобетона.

А.В. ЧУДИНОВЕЦ, Н.Н. ЛУКАЧЕВ, А.Е. МЕРЗЛИКИН, А.Н. ДЕВЯТИЛОВ

Георешетки для создания новых конструкций дорожных одежд 56

Приведены технологии устройства дорожных покрытий, позволяющие решить проблему отраженного и усадочного трещинообразования.

С.М. ШАКУРОВ

Нерудные строительные материалы для дорожного строительства 57

Описана разработанная технология производства песка высшего класса объемом 400 тыс. м³/год.

А.П. ЛУПАНОВ, А.С. СУХАНОВ, Т.Н. КОНДРАТЬЕВА

Исследование процесса измельчения асфальтового гранулята для вторичного использования 58

Описан электромагнитный измельчитель асфальтовых гранул. Интенсивность измельчения гранулята при его использовании существенно выше по сравнению с шаровой мельницей.

Материалы и конструкции

Т.М. ПЕТРОВА, А.Ф. СЕРЕНКО, М.И. МИЛАЧЕВ, Д.М. МИЛАЧЕВ

Механизм повышения прочности цементных систем комплексными добавками на ранней стадии твердения 60

Исследовано влияние комплексных добавок на структуру порового пространства цементных систем на ранней стадии твердения методом протонного магнитного резонанса. Показано, что добавки ускоряюще-пластифицирующего действия снижают капиллярную пористость.

Международная научно-практическая конференция

«Товарный бетон: новые возможности в строительных технологиях» (информация) 62

А.А. БОРЩЕВСКИЙ, В.В. ИВАНОВ

О работоспособности вибропогружателя каркасов буронабивных свай в бетонную смесь 64

Рассмотрены результаты лабораторных и производственных испытаний нового вибропогружателя. Показано применение самосинхронизирующегося двухвального вибропогружателя арматурных каркасов для изготовления буронабивных свай.

К.З. ГАЛУСТОВ

Некоторые представления о ползучести бетона 66

Рассмотрены процессы деформирования бетона во времени. Объяснена возможная физическая природа компонент деформации бетона от момента формирования структуры бетона до его включения в работу.

И.Е. СЕСЬКИН

Длительные деформации вибропрессованного бетона 68

В статье приводятся результаты экспериментально-теоретических исследований собственных деформаций и деформаций ползучести вибропрессованного бетона

Г.С. СЛАВЧЕВА, С.Н. ЧЕМОДАНОВА

Влажностные деформации модифицированного цементного камня 70

Исследованы характеристики набухания-усадки цементного микробетона, модифицированного добавкой МБ-01 в соответствии с условиями получения высокопрочных бетонов. Показано влияние дозы модификатора на величину влажностных деформаций.

А.П. ПИЧУГИН, А.С. ДЕНИСОВ, В.Ф. ХРИТАНКОВ, В.В. АВРАМЕНКО

Эффективные органоминеральные бетоны с повышенными тепло- и звукоизолирующими свойствами 73

Приведены результаты исследований, позволивших получить на основе природных растительных ресурсов новый легкий органоминеральный бетон, обладающий достаточной прочностью, низкой теплопроводностью, улучшенными звукозащитными характеристиками.

С.И. ХВОСТЕНКОВ

О химизме процесса взаимодействия в системе Са(ОН)₂-SiO₂-H₂O в условиях гидротермального синтеза 76

Дан системный анализ результатов по гидротермальному синтезу гидросиликатов кальция, позволяющий утверждать, что химизм взаимодействия компонентов смеси обусловлен топомхимической кислотно-основной реакцией.

**Специализированный
редакционный совет
«Строительные
материалы:
technology»**

РЕСИН В. И.
(председатель)
БАРИНОВА Л. С.
БУТКЕВИЧ Г. Р.
ВАЙСБЕРГ Л. А.
ВЕДЕРНИКОВ Г. В.
ВЕРЕЩАГИН В. И.
ГОРИН В. М.
ГОРНОСТАЕВ А. В.
ГРИДЧИН А. М.
ГУДКОВ Ю. В.
ЖУРАВЛЕВ А. А.
КОВАЛЬ С. В.
КОЗИНА В. Л.
ЛЕСОВИК В. С.
ПИЧУГИН А. П.
СИВОКОЗОВ В. С.
ФЕДОСОВ С. В.
ФЕРРОНСКАЯ А. В.
ФИЛИППОВ Е. В.
ШЛЕГЕЛЬ И. Ф.

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 из нашего
журнала 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, корп. 3

Тел./факс: (495) 976-22-08
(495) 976-20-36

Телефон: (926) 833-48-13
E-mail: mail@rifsm.ru
http://www.rifsm.ru

СОДЕРЖАНИЕ

- В.С. ГОРЮШИНСКИЙ, А.А. КОСЯНЕНКО, Р.С. ФАРХЕТДИНОВ
**Ресурсосберегающая технология при истечении
мелкодисперсных материалов из бункеров 87**
Описана конструкция щелевого бункера, которая обеспечивает равномерный выпуск связанных сыпучих материалов за счет разуплотнения нижних слоев насыпи материала специальными рабочими органами. Возвратно-поступательное перемещение рабочих органов разрушает опоры столба насыпи, которые имеют повышенную плотность из-за давления вышележащих слоев.
- В.П. КУЗЬМИНА
Способ получения декоративных асбестоцементных листов 90
Кратко представлены виды природных гранитов и их номенклатура и месторождения, приведен ориентировочный состав. Рассмотрен способ имитации фактуры природного гранита на поверхности асбестоцементных плит с использованием цветных пластифицированных портландцементов. Приведены их основные технические характеристики, а также фактуры получаемых покрытий.
- А.С. ТАРАСОВ, Ю.Д. ЧИСТОВ
Энергоэффективные технологии фосфогипсобетона 92
Приведен всесторонний анализ существующих технологий переработки гипсосодержащих отходов – фосфогипса, фосфополугидрата, фторангидрита и др. Традиционными направлениями утилизации фосфогипса в строительстве считаются получение гипсовых вяжущих, производство строительных изделий, применение в качестве добавки или наполнителя в смешанных вяжущих. Сделан акцент на современной разработке – использование фосфогипса-дигидрата в качестве активного элемента в многокомпонентной системе, состоящей из фосфогипса-дигидрата (60–70%), извести, глиноземистого цемента. Стеновой материал на основе этого вяжущего после тепловой обработки имеет прочность до 12,5 МПа в возрасте 28 сут.
- А.Ю. СТОЛББОУШКИН, С.В. ДРУЖИНИН, Г.И. СТОРОЖЕНКО, В.Ф. ЗАВАДСКИЙ
**Влияние технологических факторов на формирование рациональной структуры
керамических изделий полусухого прессования из минеральных отходов Кузбасса 95**
Рассмотрены особенности формирования структуры и вскрыты возможные причины образования макродефектов в керамических изделиях полусухого прессования. Приведены результаты исследований влияния способа прессования на распределение средней плотности и изменение водопоглощения по высоте керамических образцов из минеральных отходов Кузбасса. Представлены исследования физико-механических свойств керамических изделий на основе шламистой части отходов обогащения железных руд и отходов углеобогащения при одностороннем и двухстороннем прессовании.
- А.И. НИЖЕГОРОДОВ
Оптимальное фракционирование вермикулитовых концентратов 98
Рассматриваются вопросы экономической и технологической целесообразности дополнительного фракционирования вермикулитовых концентратов перед обжигом, приводятся результаты экспериментальных исследований эффекта дополнительного фракционирования на моделях сыпучих сред и результаты его применения в производственных условиях.
- Е.Е. ШАМИС
**Реформирование производства стройматериалов
на основе системного реинжиниринга предприятий 100**
В статье приводятся разработки по желательному реформированию промышленности строительных материалов на основе системного анализа проблем и реинжиниринга. Предложены группы критериев для оценки традиционных и новых наукоемких технологий, позволяющих обоснованно выбрать оптимальные решения. Приводятся данные о первичных разработках принципиально новых проектов.
- А.В. МОНАСТЫРЕВ
Глубокая переработка карбонатного сырья при производстве извести 102
Рассмотрены возможности комплексной переработки карбонатного сырья при производстве извести. Описаны преимущества технологии утилизации CO₂ из отходящих газов для производства жидкой и твердой углекислоты и их потребность в народном хозяйстве.

Подписка на журнал «Строительные материалы»
с приложением «Строительные материалы: technology»
осуществляется по индексам:

70886 каталог «Пресса России» **79809** каталог агентства «Роспечать»

Не забудьте оформить подписку своевременно!

Р.З. РАХИМОВ, д-р техн. наук, заслуженный деятель науки РФ,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
(Республика Татарстан)

Развитие и размещение производительных сил промышленности строительных материалов Республики Татарстан на период 2008–2030 годы

Стабильность политического курса и поступательное экономическое и социальное развитие страны позволяет формировать долгосрочные программы развития регионов. В 2007 г. в Республике Татарстан (РТ) по заданию Министерства экономики республики разработана республиканская целевая комплексная программа «Развитие и размещение производительных сил Республики Татарстан на основе кластерного подхода до 2020 года и на период до 2030 года». Отраслевой блок «Промышленность строительных материалов» этой программы разработан коллективом авторов под руководством автора статьи совместно с ФГОУП «Татинвестгражданпроект».

За последнее десятилетие в РТ значительно обновлены основные активные фонды промышленности строительных материалов, проведена реконструкция ряда действующих предприятий, введено в эксплуатацию 76 новых заводов, комплексов, цехов, технологических линий и установок по производству бетонных и железобетонных изделий, керамического кирпича, декоративного цветного и рельефного керамического и силикатного кирпича, товарного бетона, монолитного пенобетона и стеновых блоков из пенобетона, автоклавного газобетона, битумно-полимерных кровельных материалов на стеклотканевой основе, профнастила, металлической черепицы и сайдинга, фальцевой кровли, полимерпесчаной черепицы, теплоизоляционных изделий из пенополистирола и базальтового волокна, гранитных и мраморных облицовочных плит, сухих строительных смесей, стальных конструкций и алюминиевого профиля, систем вентилируемых фасадов, профилей из ПВХ, высококачественных оконных и дверных блоков из поливинилхлорида и древесины, стеклопакетов, гипсокартонных листов, фасадных плит типа «ФАСТ» и быстровозводимых домов полной комплектации на основе клееного бруса, оцилиндрованных бревен и панелей из древесины.

Промышленность строительных материалов республики, основной продукцией которой в доперестроечное время были бетонные и железобетонные изделия, строительный кирпич и керамзит, стала производить продукцию повышенного качества и расширенной номенклатуры. Практически на 30% обновлены активные основные фонды производств бетона, бетонных и железобетонных изделий.

В значительной мере это способствовало вводу в 2007 г. более 2 млн м² жилой площади, а также объектов соцкультбыта и уникальных сооружений — первой очереди Казанского метрополитена, автомобильного моста через р. Каму и др.

Вместе с тем в обеспечении строительными материалами потребностей строительного жилищно-коммунального комплекса имеются проблемы, которые будут обостряться по мере реализации планов увеличения

строительства жилья в 2020 г. до 2,6 млн м², а в 2030 г. до 5,42 млн м² и увеличения транспортного, промышленного строительства, строительства зданий и сооружений соцкультбыта. В настоящее время в РТ ввозится из других субъектов РФ и зарубежных стран в больших объемах цемент, стальная арматура для железобетонных изделий, профильная и листовая сталь, строительное стекло, керамические и керамогранитные плиты для отделки стен и устройства полов, огнеупорные и кислотоупорные материалы и изделия, керамические санитарно-технические изделия, минераловатные и стекловатные теплоизоляционные материалы, пигменты, акустические плиты, сухие строительные смеси, химические добавки для бетонов и растворов, плоские и волнистые асбестоцементные кровельные и стеновые плиты и т. д. Объем ввозимых в республику строительных материалов по стоимости многократно превышает объем экспортируемой за пределы республики продукции собственной промышленности строительных материалов.

С целью снижения стоимости и оптимизации транспортных перевозок необходимы изменения в размещении и развитии отрасли по экономическим зонам республики. На большинстве предприятий отрасли сырьевые, энергетические и трудовые затраты на производство единицы продукции от 2 до 10 и более раз превышают показатели, достигнутые в передовых странах. При этом указанные показатели у разных предприятий подотраслей, в свою очередь, отличаются от 2 до 10 раз.

Отраслью промышленности строительных материалов РТ в производстве строительных материалов недостаточно используется местная сырьевая база природных ресурсов и попутных продуктов промышленности. При наличии в РТ одного из крупнейших в России месторождения гипсового камня гипсовых вяжущих и материалов на их основе производится и применяется около 2% от общего объема, в то время как в других странах этот показатель достигает 20–27%. В РТ, как и в целом по РФ, недостаточно развито производство строительных машин, оборудования, оснастки и инструментов для предприятий промышленности строительных материалов. Если в ФРГ таких предприятий на 1 млн населения приходится 3–4, то в республике их на порядок меньше. Мировому уровню соответствуют лишь некоторые виды строительной продукции отдельных предприятий промышленности строительных материалов.

Все это негативно отражается на конкурентоспособности промышленности строительных материалов и стоимости строительства, реконструкции и ремонта зданий и сооружений.

Механизация, автоматизация и компьютеризация производства строительных материалов в промышленности развитых странах основываются на использовании систем компьютеризации производства (СІМ). Их

Таблица 1

Прогноз развития жилищного строительства в Республике Татарстан на период 2008–2030 гг.

Показатели	Факт	Годы									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	2030
Объемы ввода жилья, тыс. м ² общей площади	2041	2165	2371	2600	<u>2842</u> 2700	<u>3113</u> 2800	<u>3408</u> 2900	<u>3732</u> 3000	<u>3800</u> 3100	<u>4447</u> 2700	<u>5421</u> 4000
Средняя обеспеченность населения жильем, м ² на 1 жителя	21,49	22,06	22,69	23,38	24,14	24,96	25,87	26,86	27,87	33,51	46,72
Ввод жилья, м ² на 1 жителя	0,54	0,576	0,63	0,69	0,756	0,827	0,906	0,992	1,01	1,182	1,441
Многоэтажные объекты, тыс. м ² , в том числе:	1028,1	1050	<u>1184</u> 1180	<u>1161</u> 1280	<u>1243</u> 1330	<u>1330</u> 1380	<u>1422</u> 1430	<u>1520</u> 1480	<u>1510</u> 1530	<u>1655</u> 1830	<u>1747</u> 1980
крупнопанельные	296	310	<u>330</u> 340	<u>354</u> 360	<u>379</u> 380	<u>405</u> 400	<u>434</u> 420	<u>463</u> 440	<u>460</u> 450	<u>505</u> 480	<u>533</u> 520
монолитные и сборно-монолитные	230	232	<u>337</u> 340	<u>254</u> 380	<u>272</u> 420	<u>291</u> 430	<u>311</u> 440	<u>332</u> 450	<u>331</u> 470	<u>363</u> 635	<u>383</u> 680
из штучных стеновых материалов	502,1	<u>518</u> 508	<u>516</u> 510	<u>553</u> 520	<u>592</u> 530	<u>633</u> 550	<u>677</u> 570	<u>724</u> 590	<u>719</u> 610	<u>788</u> 720	<u>832</u> 780
Индивидуальное жилье, тыс. м ² , в том числе:	1012,91	<u>1115</u> 1105	<u>1287</u> 1220	<u>1435</u> 1320	<u>1600</u> 1370	<u>1783</u> 1420	<u>1986</u> 1470	<u>2212</u> 1520	<u>2290</u> 1570	<u>2791</u> 1870	<u>3674</u> 2020
из штучных стеновых материалов	750	800	<u>895</u> 840	<u>998</u> 900	<u>1112</u> 930	<u>1240</u> 960	<u>1382</u> 930	<u>1539</u> 1020	<u>1593</u> 1050	<u>1942</u> 1250	<u>2556</u> 1346
из дерева	87	<u>120</u> 110	<u>168</u> 150	<u>187</u> 180	<u>209</u> 190	<u>200</u> 200	<u>232</u> 210	<u>259</u> 220	<u>288</u> 230	<u>364</u> 280	<u>479</u> 310
из других материалов (деревянные каркасные, щитовые, панельные, объемно-блочные)	175,91	<u>195</u> 225	<u>224</u> 190	<u>250</u> 240	<u>278</u> 250	<u>300</u> 260	<u>345</u> 270	<u>385</u> 280	<u>398</u> 290	<u>485</u> 340	<u>639</u> 370
Объемы капитального ремонта и реконструкции жилых зданий, тыс. м ²	746,551	1616	2163	2496	3158	1461	1528	1742	1839	2404	4065

Примечание. Над чертой – расчетные показатели по инновационному варианту, под чертой – по инерционному варианту.

внедрение позволяет оптимизировать технический процесс по нескольким параметрам и обеспечивает рост производительности труда, резкое снижение брака, высокое качество продукции и уменьшение расхода ресурсов почти до теоретически возможных, а также принципиальное изменение роли человека в производстве. На другом уровне находится и использование разработок новых материалов и достижений мирового строительного материаловедения.

Обоснование развития и рационального размещения производительных сил промышленности строительных материалов произведено на основе прогноза объемов и структуры строительства и расчета потребностей в основных видах строительных материалов для их реализации по инерционному и инновационному варианту с учетом существующих мощностей, их модернизации, выбытия и создания новых производств по экономическим зонам и в целом по республике. Объем жилищного строительства в год к 2030 г. по инерционному варианту прогнозируется до 4 млн м², а по инновационному варианту – до 5,42 млн м² (табл. 1).

Расчет потребности республики в основных видах строительных материалов (табл. 2) производился с учетом планируемой динамики строительства жилья по инновационному варианту; объемов капитального ремонта и реконструкции жилых зданий; объемов строительства объектов обслуживания, принятых как 30% от объемов жилищного строительства в соответствии со сложившимся за последнее десятилетие соотношением; объемов реконструкции и строительства промышлен-

ного строительства, принятых как 10% в Камской экономической зоне и как 5% от этих же показателей по остальным экономическим зонам республики. В расчетах не учитывалась потребность в строительных материалах для дорожного строительства.

В 2007 г. промышленность строительных материалов республики располагала годовыми мощностями по производству соответственно бетонных и железобетонных изделий – 2534 тыс. м³; товарного бетона и раствора – 3990 тыс. м³; кирпича и стенового камня в млн шт. усл. кирпича – керамического – 479,7, силикатного – 339,3, в том числе того и другого лицевого – 35, стеновых камней пустотелых бетонных – 3, стеновых камней и блоков из ячеистого бетона – 72; теплоизоляционных материалов – 500 тыс. м³, в том числе 170 тыс. м³ минераловатных; кровельных материалов – 22 млн м²; оконных и дверных блоков – 540 тыс. м²; профнастила, металлочерепицы и сэндвич-панелей с металлической обшивкой – 4890 тыс. м²; линолеума – 4068,4 тыс. м²; металлических конструкций и изделий – 56 тыс. т; гипсокартона – 5 млн м²; сухих строительных смесей – 32 тыс. т; труб металлополимерных и полимерных – 510 тыс. п. м; быстровозводимых домов на основе клееного бруса, оцилиндрованных брусьев и композитных панелей мощностью 410 тыс. м² жилой площади; извести – 174,1 тыс. т; строительного гипса – 92 тыс. т; нерудных строительных материалов – 5280 тыс. м³; керамзита – 736 тыс. м³.

Использование мощностей в 2007 г. составляло в % соответственно по производству бетонных и железобетонных изделий – 58; товарного бетона и раствора –

Прогноз потребности Республики Татарстан в основных видах строительных материалов до 2030 г.

Наименование продукции и сырьевых материалов	Год			
	2015	2020	2025	2030
Продукция				
Бетонные и железобетонные изделия, тыс. м ³ , в том числе изделий КПД	2583 645,7	2750 787,5	3144 786	3514 878
Товарный бетон и раствор, тыс. м ³	2254	2425	2842	3124
Мелкоштучные стеновые материалы, млн шт. усл. кирпича, в том числе керамический кирпич силикатный кирпич стеновые камни бетонные пустотелые стеновые камни и блоки из ячеистого бетона лицевой кирпич керамический и силикатный	1532 801 409 4 120 198	1799 972,3 450 4,7 141 231	1996 1023,8 510 5,2 156 253	2214 1165 588,2 5,8 173 282
Теплоизоляционные материалы, тыс. м ³ , в том числе минераловатные	563 356	659 417	723 454	804 509
Кровельные материалы, тыс. м ² , в том числе асбестоцементные листы	8144 4300	9517 5025	10466 5502	11601 6126
Оконные и дверные блоки, тыс. м ²	1691	1979	2156	2412
Профнастил, металлочерепица, сэндвич-панели с металлической обшивкой, тыс. м ²	3382	3958	3360	4825
Линолеум, тыс. м ²	1843	2157	2370	2629
Комплектных домов на основе древесины клееного бруса, оцилиндрованных бревен и композитных панелей, тыс. м ² жилой площади	498	604	688	780
Металлические конструкции и изделия, тыс. т	350	409	446	499
Гипсокартон, тыс. м ²	5054	5915	5508	7210
Гипсоволокнистые плиты, тыс. м ²	281	329	363	401
Сухие строительные смеси, тыс. т	114	133	145	163
Стекло оконное, тыс. м ²	2481	2904	3212	3540
Плитки и плиты керамические, керамогранитные из натурального и искусственного гранита и мрамора для облицовки стен и устройства полов, тыс. м ²	445	520	567	634
Трубы металлопластиковые, тыс. п. м	357	418	461	510
Трубы полимерные, тыс. п. м	93	109	121	133
Сырьевые материалы				
Портландцемент, тыс. т	2698	3157	3402	3849
Стержневая стальная арматура для железобетонных изделий, тыс. т	95	111	122	135
Листовая сталь и стальной профиль, тыс. т	360	421	459	513
Строительный гипс и ангидритовый цемент, тыс. т	137	160	178	195
Песчано-гравийная смесь, тыс. м ³	5006	5870	6380	7156
Строительный песок, тыс. м ³	2760	3230	3542	3850
Щебень, тыс. м ³	3034	3557	3866	4337
Керамзит, тыс. м ³	350	409	446	499

28,5, керамического кирпича – 97, лицевого кирпича – 91, стеновых бетонных пустотелых камней – 72, стеновых блоков из ячеистого бетона – 76; теплоизоляционных материалов – 16, в том числе минераловатных – 12,5, кровельных материалов – 54,5; профнастила, металлочерепицы и сэндвич-панелей с металлической обшивкой – 62; оконных и дверных блоков – 56; линоле-

ума – 6; комплектных домов на основе древесины и композитных панелей – 21; металлических конструкций и изделий – 50; гипсокартона – 32; сухих строительных смесей – 3; труб полимерных и металлопластиковых – 67; извести – 74, строительного гипса – 83; гравийно-песчаной смеси, щебня, гравия и строительного песка – 49; керамзита – 17,9.

Для достижения проектной мощности в зависимости от вида продукции для большинства предприятий необходимы дальнейшие модернизация и обновление техники и технологий, для отдельных – повышение качества и технико-экономических показателей продукции, завершение освоения находящихся в стадии пуска в эксплуатацию новых мощностей.

Однако даже при полном использовании проектной мощности действующих и находящихся в стадии пуска предприятий потребности республики до 2030 г. могут быть покрыты собственным производством только по товарному бетону, линолеуму, керамзиту, профнастилу, металлочерепице, стеновым и кровельным сэндвич-панелям.

По остальной номенклатуре строительных материалов и изделий прогнозируется возрастающий с настоящего времени до 2030 г. дефицит.

С целью обеспечения рационального размещения необходимых дополнительных мощностей аналогичный анализ состояния производства и расчет потребностей и дефицита основных видов строительных материалов до 2030 г. произведены для экономических районов РТ: Столичного, Западного, Северного, Южного, Камского, Нефтяного и Восточного, каждый из которых включает от 7 до 9 муниципальных образований (районов и городов).

Программой предусмотрены два поэтапных стратегических направления развития промышленности строительных материалов РТ:

- этап 2008–2015 гг. – продолжение модернизации основных фондов действующих предприятий, полное освоение мощностей, созданных до 2008 г. по производству материалов, обеспечивающих покрытие их дефицита до 2015 г. и на перспективу до 2020 г.; разработка и начало внедрения на от-

дельных предприятиях систем компьютеризированного производства;

- этап 2015–2030 гг. – завершение создания новых мощностей производства строительных материалов, обеспечивающих покрытие их дефицита до 2030 г. и на дальнейшую перспективу; полный перевод предприятий на системы компьютеризированного производства с увеличением производительности труда в 3–5 раз и выпуском продукции по качеству и технико-экономическим показателям передового мирового уровня.

Определены приоритетные направления развития промышленности по видам строительных материалов и рационального размещения новых мощностей по экономическим зонам. В перечне этих мощностей предприятия по производству высокопрочного бетона и фибробетона и изделий из них: мелкоштучных стеновых материалов, лицевого кирпича, минераловатных материалов и изделий; цемента на основе привозного клинкера и местных минеральных добавок, малоклинкерных и бесклинкерных вяжущих, сотовых панелей из поликарбоната; композиционных гипсовых, гипсоангидритовых, ангидритовых и магнезиальных вяжущих; сухих строительных смесей, облицовочных и архитектурно-строительных изделий из искусственных мрамора и гранита; асбестоцементных листов, строительного стекла; химических и минеральных добавок для бетонов и растворов; нерудных строительных материалов; предприятия по переработке строительных отходов.

Рассчитаны потребности в финансовых, энергетических, водных, территориальных и кадровых ресурсах для развития промышленности строительных материалов РТ на период 2008–2030 гг. и его научного сопровождения.

ПНО ПРОМАВТОМАТИКА

Газовые горелки для кирпичных заводов в комплекте с автоматикой и арматурой «под ключ»



Наш адрес: Россия, Москва, 117105, ул. Нагатинская, д. 3Б, офис 416
Тел./факс: +7 (499) 611-00-62, +7 (499) 611-04-31, Тел.: +7 (910) 406-83-72
Internet: www.promavtomatika.ru
E-mail: mail@promavtomatika.ru

В.В. ШИПЦОВ, д-р геол.-мин. наук, Г.А. ЛЕБЕДЕВА, канд. геол.-мин. наук,
В.П. ИЛЬИНА, канд. техн. наук, Институт геологии КарНЦ РАН
(Петрозаводск, Республика Карелия)

Перспективы использования минерально-сырьевой базы Карелии для производства строительных материалов

Республика Карелия по запасам разнотипного сырья для производства строительных материалов занимает относительно высокую потенциальную ступень. В недавно вышедшей монографии [1] охарактеризованы в кадастрах сотни известных месторождений и проявлений строительного назначения, к книге приложена полистная карта размещения месторождений и проявлений неметаллических полезных ископаемых. Однако в масштабе Баренцева региона республика занимает скромную позицию по использованию природного сырья в технологии строительных материалов.

На текущий момент в Карелии ведется разработка карьерами нескольких десятков объектов природного камня (граниты, габбро, сланцы, кварциты, мраморы и др.) для производства щебня различного назначения, бутового камня, облицовочных материалов, архитектурно-строительных, мемориальных и других изделий. Минерально-сырьевая база для производства щебня рассматривается как высокопотенциальная, но необходимо весьма осторожно подходить к прогнозам высокопрочного щебня. Высокопрочный щебень – это сырье с особыми физико-механическими свойствами; пока в Карелии ресурсы данных месторождений не определены и требуют оценки [2]. Главным образом для местных целей разрабатываются десятки месторождений песков и песчано-гравийного материала (ПГМ), в основном применяемые в качестве заполнителей бетонов, асфальтобетонных и битумоминеральных смесей для строительства дорог, балласта в железнодорожных путях и т. п. В кадастр включены сведения о запасах и прогнозных ресурсах 239 месторождений и 130 проявлений строительных песков и ПГМ [1].

Единственный действующий кирпичный завод в г. Кондопоге, работающий на базе глин Вороновского месторождения, не удовлетворяет потребностей строительной индустрии Карелии. Цех по производству минеральной ваты в г. Кондопоге, который ранее обеспечивал теплоизоляционным материалом Карелию и другие регионы, к настоящему времени ликвидирован.

Основные строительные материалы, такие как кирпич, цемент, известь, минеральная вата, облицовочная керамика, завозятся в Карелию из других регионов России и соседней Финляндии.

В данной статье охарактеризован потенциал некоторых объектов минерального сырья, в том числе техногенного происхождения, которые представляют интерес как сырьевая база для производства важнейших видов строительных материалов в Карелии.

Карбонатное сырье. На территории северной Карелии в границах Тикшеозерского массива щелочно-габброидной формации выявлено наиболее крупное месторождение карбонатного сырья в Карелии. Залегание карбонатитов приурочено к пониженным частям рельефа, и они скрыты рыхлыми отложениями мощностью 5–15 м. Имеется геолого-технологическая оценка комплексного использования карбонатных пород Тикшеозерского массива. Их существенно кальцитовый состав позволяет оценивать карбонатиты как сырье для производства цемента и извести [3]. В то же время карбонатиты являются комплексным сырьем, содержащим кроме кальцита (80%) ряд ценных минералов: апатит – 4,3%, магнетит – 4%, флогопит – 5,6%. В заводских условиях из необогащенного карбонатита получен силикатный кирпич [4].

Разработана схема обогащения для получения кальцитового продукта и концентратов сопутствующих минералов. Средний химический состав кальцитового продукта (мас. %): SiO_2 – 0,06; Al_2O_3 – 0,5; Fe_2O_3 – 0,81; FeO – 1,07; MgO – 2,67; CaO – 51,17; P_2O_5 – 0,47; CO_2 – 41,33. Обсуждалась возможность освоения объекта для производства глинозема, поташа, соды и цемента. Институтом ВАМИ было дано заключение о пригодности данного сырья для этих целей с учетом близко расположенного месторождения нефелиновых сиенитов Елетьозера, проект был назван «Кальцит». Предлагалось начать проектирование по вовлечению в эксплуатацию апатит-карбонатитовых руд участка «Карбонатитовый» и крупных запасов глин, включая вскрышу. Локальный горнопромышленный технологически взаимосвязанный узел состоял из двух карьеров, обогатительной фабрики по производству апатитового концентрата и кальцитового продукта и двух заводов по выпуску цемента и кирпича.

Разработка месторождения возможна открытым карьерным способом с высокой производительностью ГОК.

Сырье для производства минеральной ваты. С 1979 по 1989 гг. в Карелии на заводе КИМС производились минераловатные плиты ваграночным способом. Сырьем

Таблица 1

Название породы, место отбора пробы	Массовое содержание компонентов, %								
	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O
Пироксеновый порфирит, Хавчозеро (средний состав)	51	1,8	13,1	8,6	2,3	7,2	9,5	2,1	0,9
Миндалекаменный пикритовый базальт, Линдаваара	45,12	1,15	9,61	9,28	1,56	17,96	9,32	0,9	0,23
Клинопироксенит, Тикшеозерский массив, центральный участок	44,8–44,9	2,5–3,5	8,8–9,9	6,7–9,1	4,4–7,1	8,4–11	16–17,9	1,3–1,7	0,15–0,8

Таблица 2

Оксиды	Разновидность породы		
	Анортозит	Метаанортозит	В целом по массиву
SiO ₂	50,53	50,18	50,39
TiO ₂	0,22	0,24	0,23
Al ₂ O ₃	28,45	27,63	28,13
Fe ₂ O ₃	0,75	1,14	0,91
FeO	1,57	2,08	1,78
Fe _{общ} в пересчете на Fe ₂ O	2,49	3,45	2,88
MnO	0,03	0,04	0,035
MgO	1,38	1,71	1,51
CaO	11,68	11,29	11,52
Na ₂ O	3,78	3,89	3,82
K ₂ O	0,45	0,58	0,5
H ₂ O	0,14	0,16	0,14
ППП	0,83	0,86	0,84

служили пироксеновые порфириды Хавчезерского месторождения с добавкой доломитизированных известняков месторождения Рускеала.

Ценными свойствами пироксеновых порфиритов как сырья для базальтовых технологий (производство каменного литья, минерального волокна) является мелкозернистость, отсутствие включений тугоплавких минералов, однородность химико-минералогического состава [5]. Разведанные запасы сырья составляют 12 млн т. В настоящее время порфирит поставляется за пределы Карелии для производства минеральной ваты как дуплекс-способом, так и ваграночным.

Кроме того, работами, проведенными в Институте геологии, установлено, что ультраосновные горные породы (пикритовые базальты, пироксениты) могут служить однокомпонентным сырьем для производства минеральной ваты ваграночным способом. В пределах Кондопожского района эти породы выявлены на шести участках, где образуют серии лавовых потоков протяженностью до нескольких километров, мощностью до 100 м. Химические составы пород приведены в табл. 1. Интерес представляют также клинопироксениты центральной части Тикшеозерского массива вблизи месторождения апатитовых карбонатитов Карбонатитовое.

Анортозиты. Проявление анортозитов расположено в Лоухском районе Республики Карелия на северном берегу озера Нижнее Котозеро (в восточной части). На этом участке проведено предварительное минералого-технологическое картирование Институтом геологии [6].

Порода имеет крупно-, среднезернистые структуры. Основным рудообразующим минералом является плагиоклаз, состав которого варьирует от An₅₂ до An₇₄ и количество колеблется от 70 до 95%. К главному сопутствующему порообразующему минералу относится амфибол (зеленая роговая обманка). Средний химический состав анортозитов Котозерского массива приведен в табл. 2.

Показаны возможности оценки анортозитов данного объекта как многоцелевого сырья. В частности, анортозит может использоваться в строительных материалах в качестве щебня для светлых дорожных покрытий, садовых дорожек, как составляющий элемент бетонов, минеральной ваты и др. В настоящее время к этому объекту проявляют внимание производители минеральной ваты.

Техногенные кварцевые пески. В качестве наполнителя для производства строительных материалов (растворов, бетонов, силикатного кирпича) исследованы отходы обогащения железистых кварцитов Костомукшского ГОК. Отходы представляют собой пески, состоящие из кварца с примесью рудных минералов (магнетит, гематит) и железистых силикатов (слюды, амфиболы, пироксены). Запасы сырья в хвостохранилище составляют миллионы тонн.

По модулю крупности (МК = 2,2–2,3), содержанию серы (менее 1%), отсутствию органических примесей отходы соответствуют требованиям стандартов на природные и дробленые пески для растворов и бетонов. Химический состав их следующий (мас. %): SiO₂ – 73,7–74,8; TiO₂ – 0,14–0,17; Al₂O₃ – 2,38–5,25; Fe₂O₃ – 4,3–9,78; FeO – 5,25–6,58; MnO – 0,087; MgO – 1,66–2,05; CaO – 1,48–2,38; Na₂O – 0,37–1,21; K₂O – 0,09–1,32; H₂O – 0,02–0,18; S – 0,09–0,32; ППП – до 3,01.

Проведены лабораторные и полупромышленные испытания на строительной площадке треста Костомукшстрой и на заводе силикатного кирпича (г. Петрозаводск) [7]. Установлено, что техногенные пески могут быть использованы в качестве кремнеземистой добавки для производства силикатного кирпича, строительных растворов и бетонов, не уступающей по эксплуатационным характеристикам природным пескам.

Глинистое сырье. В Республике Карелия глины распространены достаточно хорошо. Охарактеризованные в кадастре месторождения и проявления выделяются в качестве озерно-ледниковых, морских, озерных и ледниковых по происхождению, относящиеся к группе четвертичных образований [1].

По запасам глинистого сырья наиболее крупным является Ивинское месторождение, расположенное в 65 км от г. Петрозаводска. Это единственное месторождение глинистого сырья на территории Карелии докембрийского возраста, образованное в отложениях котлинского горизонта вендской системы. Экономическая освоенность района удовлетворительная. Расстояние до железнодорожной станции Ладва-Ветка 12 км, с пос. Ладва месторождение связано грунтовой дорогой. В 1980–1984 гг. проведены геолого-разведочные работы, в 1990–1991 гг. – детальная разведка. Утвержденные запасы по промышленным категориям (A + B + C₁) составляют 8,6 млн м³, по категории C₂ – 37,6 млн м³.

Глинистые породы в пределах месторождения четко разделяются на два слоя, отличающиеся друг от друга по внешним признакам, гранулометрическому и химическому составу (табл. 3). Преобладающий глинистый минерал – гидрослюда.

В 1991 г. проведены полупромышленные испытания на опытном заводе ВНИИСТРОМ (Ленинград). Установлена возможность получения строительного кирпича с использованием в качестве отошающей добавки диабазового песка-отсева, при температуре обжига изделий 930–940°C. Из алевроглин (63%), глин (27%) и дробленого песка отсева (10%) получен рядовой и лицевой кирпич высоких марок: по прочности 300, по морозостойкости Мрз35 и Мрз50. По показателю водопоглощения все изделия соответствуют требованиям ГОСТ 7484–78 на лицевой кирпич (6–14%). Обожженный кирпич имеет равномерно окрашенный черепок светло-красного цвета, что соответствует требованиям на лицевой кирпич. Также изучены по две технологические пробы на черепицу и керамическую фасадную плитку. Получены положительные результаты. В Институте геологии показана возможность использования глин для производства облицовочной плитки и в качестве связующего материала для формовочных и стержневых смесей [8, 9]. В настоящее время месторождение относится к государственному резерву.

Таблица 3

Компоненты	Массовое содержание компонентов, %	
	Слой 1 (алевроглины)	Слой 2 (глины)
SiO ₂	75,76	58,22–60,1
TiO ₂	0,84	0,9–1,02
Al ₂ O ₃	11,45	17,59–18,68
Fe ₂ O ₃	4,25	6,32–7,91
FeO	0,08	0,29–0,68
MnO	0,04	0,14–0,15
MgO	0,98	2,16–2,28
CaO	0,63	1–1,4
Na ₂ O	0,1	0,09–0,1
K ₂ O	2,8	3,79–3,89
P ₂ O ₅	0,07	0,08–0,15
ППП	3,44	6,35–7,52
BaO	0,06	0,05
CrO	0,05	0,05
SO ₃	0,05	0,03–0,05
H ₂ O	0,07	1,79–2,03
F	0,16	0,08–0,11

Таблица 4

Компоненты	Массовое содержание компонентов, %	
	Исходная порода	Концентрат
SiO ₂	58,47	62,69
TiO ₂	0,77	–
Al ₂ O ₃	18,43	20,5
Fe ₂ O ₃	5,91	0,2
CaO	2,24	0,87
MgO	0,7	–
Na ₂ O	6,37	7,91
K ₂ O	6,43	6,73
H ₂ O	0,19	–
ППП	0,59	0,65

Щелочные сиениты. Щелочные и нефелиновые сиениты в пределах Елетьозерского массива занимают площадь около 15 км². Порода состоит на 75–85% из щелочных полевых шпатов (микроклина, альбита, ортоклаза) с примесью железистых силикатов (слюды, амфиболов, пироксенов); аксессуарии – сфен, апатит, магнетит, флюорит.

В Институте геологии разработана схема обогащения сырья и получена опытная партия нефелин-полевошпатового концентрата (содержание Fe₂O₃ 0,2–0,3%). Химические составы исходной породы и концентрата представлены в табл. 4. Высокое содержание щелочных оксидов позволило использовать концентраты в качестве плавня в составах санитарно-технической керамики. Исследования концентрата в производственных условиях показали его пригодность для получения керамогранитной облицовочной и

фасадной плитки. В лабораторных условиях разработаны составы тарного и сортового стекла [10, 11].

Приведенные данные показывают, что Карелия обладает большими минерально-сырьевыми запасами для производства строительных материалов различного назначения, в частности кирпича, цемента, извести, минеральной ваты, облицовочной керамики.

Освоение этих месторождений и строительство предприятий по переработке сырья на территории Республики Карелия имеет важное социально-экономическое значение. Необходимы организация комплексных исследований, включая геолого-минералогические, совершенствование технологии добычи, переработки, экономическое обоснование доступности минерально-сырьевой базы строительных материалов в Карелии.

Список литературы

1. Минерально-сырьевая база Республики Карелия: Книга 2. Неметаллические полезные ископаемые. Подземные воды и лечебные грязи. Петрозаводск: Карелия, 2006. 356 с.
2. Шипцов В.В. Природные строительные материалы Республики Карелия // Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных материалов. Петрозаводск, 2005. С. 198–201.
3. Шипцов В.В., Скамницкая Л.С., Бубнова Т.П., Шипцова Н.И. Техничко-экономическая оценка комплексного использования карбонатных пород Тикшеозерского массива // Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных и технических материалов. Сыктывкар, 2007. С. 228–230.
4. Патент России № 2081861 СО4В 28/20/(СО4В 11: 20) Сырьевая смесь для изготовления силикатного кирпича / Риц Т.Д., Лебедева Г.А., Шипцов В.В. Бюл. № 33. 2001.
5. Лебедева Г.А. Исследование технологических свойств горных пород Карелии как сырья для производства минеральной ваты // Стекло и керамика. 2007. № 10. С. 26–28.
6. Шипцов В.В., Скамницкая Л.С., Бубнова Т.П. и др. Геолого-технологическая характеристика крупного проявления анортозитов Котозерского участка (северная Карелия) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск. Вып. 7. 2004. С. 151–162.
7. Риц Т.Д., Адель Л.С., Лебедева Г.А. Перспективы использования отходов обогащения железных руд Костомукшского горно-обогатительного комбината в производстве строительных материалов. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1989. 27 с.
8. Ильина В.П., Шипцов В.В. Керамические плитки на основе кварц-полевошпатовых пород горно-промышленных предприятий Карелии // Стекло и керамика. 1994. № 1. С. 16–18.
9. Ильина В.П., Белов Ю.И., Заверткин А.С. Глины Ивинского месторождения и пути их использования // Сб. Комплексное и рациональное использование минерального сырья Карелии. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1986. С. 14–152.
10. Кулмала Т.К., Скамницкая Л.С., Шипцов В.В. и др. Петрохимия, геохимия и обогащение щелочных сиенитов Елетьозерского массива // Минеральное сырье Лоухского района. Петрозаводск, 1991. С. 20–34.
11. Киселев В.А., Ноздря В.И., Саморокова В.Д. и др. Опыт обогащения нефелинсодержащих сиенитов в качестве сырья для изготовления керамогранитной плитки на сепараторах с постоянными магнитами // Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных и технических материалов. Петрозаводск, 2005. С. 100–102.

Резервы промышленности нерудных строительных материалов

Укрепление экономического благополучия нашей страны позволило начать выполнение национальных программ по строительству. Чтобы обеспечить ускоренные темпы роста строительства, необходимо увеличить производство многих видов строительных материалов. Среди наиболее востребованных оказались нерудные строительные материалы (НСМ).

В 2007 г. в нашей стране произведено 373 млн м³ НСМ (примерно 540 млн т). Ежегодный прирост выпуска НСМ в последний период достиг 17–18%. Промышленность НСМ вошла в число лидирующих горных отраслей не только по объему производства, но и темпам роста. Происходящие в мире экономические и политические процессы вызывают колебания в выпуске продукции. Но государство при сокращении, например, жилищного строительства может развивать другие строительные проекты, поддерживая тем самым определенные отрасли национальной промышленности и уменьшая социальную напряженность. Такой опыт в мировой практике имеется.

Если износ активной части основных фондов всех горных предприятий страны, по данным член-корреспондента РАН Ю.Н. Малышева, составляет 70%, то в подотрасли НСМ он еще выше, а коэффициент обновления невелик. Изношенность оборудования, использование неэффективных технологий являются причиной большого количества аварий и простоев, высокого травматизма. Рост объемов производства НСМ в основном достигается благодаря строительству новых карьеров и новых технологических линий на отдельных действующих предприятиях.

Предприятия строительных материалов, в том числе горнодобывающие, стали рентабельными и начали представлять интерес для инвесторов. Месторождения и действующие предприятия активно скупаются. Прослеживается тенденция концентрации предприятий, а также включения их в состав крупных отечественных и международных объединений.

Во всем мире наблюдается рост цен на минеральную продукцию. Так, по данным Росстата, цены на щебень за 6 лет росли в среднем на 18% в год. Территории, на которых ведется интенсивное строительство, потребности строителей в значительной степени удовлетворяются за счет завоза строительных материалов из других субъектов Федерации, и цены на НСМ с учетом транспортной составляющей растут быстрее, чем в среднем по стране. При этом отмечен неоправданно повышенный спрос на более дорогой щебень из прочных изверженных пород в ущерб щебню из гравия, прочность и другие характеристики которого нередко не уступают так называемому гранитному. В качестве примера можно привести данные о состоянии цен на московском рынке: за последние 3 года рост цен на щебень фракции 5–20 мм из изверженных пород, гравия и известняка составил соответственно 52, 48, 46%, а песка строительного – 82% [1].

Опережающий рост цен на песок по сравнению с другими видами НСМ можно объяснить запросами

дорожного строительства. В связи с чем снова возникает необходимость постановки вопроса об изменении отношения к отсевам дробления, которые следует позиционировать как дробленый песок. Еще факт, над которым приходится задуматься: в 2006 г. цены на строительные материалы в большинстве стран СНГ увеличились на 4–5%, а в России на 11%. Большой рост отмечен лишь в Молдавии и Таджикистане [2].

Поскольку спрос на НСМ на российском рынке превышает предложение, потребители часто мирятся с поставкой продукции, отдельные характеристики которой имеют отклонение от ГОСТа. Это в конечном итоге негативно отражается на отношении руководства предприятий НСМ к совершенствованию технологии производства, хотя ассортимент выпускаемой продукции расширяется. Имеются предприятия, которые выпускают 8 и более наименований НСМ, не считая других видов минеральной продукции.

В России прорабатывается план развития страны до 2020 г. Рост объемов производства строительных материалов рассматривается по различным отраслям укрупненно, одной строкой. К 2020 г. предполагается увеличить объем производства НСМ более чем в 3 раза по отношению к 2007 г., то есть за очень короткий срок. К сожалению, более детальные проработки не предусматриваются.

Рассмотрим возможные пути увеличения объемов выпуска НСМ. Основные надежды на рост выпуска продукции связаны с наращиванием производственных мощностей. Выбору технологии и оборудования для строящихся и реконструируемых карьеров была посвящена конференция «Обеспечение прироста мощностей предприятий промышленности нерудных строительных материалов», которая прошла в Москве в ноябре 2007 г. Участники конференции отметили, что главное направление создания новых мощностей на предприятиях связано с использованием быстро монтируемых и самоходных дробильных и сортировочных агрегатов. Такие агрегаты изготавливаются многими машиностроительными фирмами. Они широко распространены на зарубежных предприятиях и начали активно внедряться на отечественных.

Построенные в советское время крупнейшие предприятия, такие как «Гранит» (Белоруссия), «Павловскгранит», Вяземское карьероуправление, продолжают функционировать. Среди строящихся преобладают предприятия производительностью около 0,5 млн м³ НСМ в год. Примерно на такие же объемы рассчитываются строящиеся дополнительные технологические линии действующих предприятий. Хотя известны планы строительства новых карьеров, производительность которых должна достичь 5 млн м³ и более. В сложившихся условиях собственники ориентируются на введение новых мощностей путем создания дополнительных технологических линий, которые работают независимо от основного производства. Для этих целей используют перерабатывающие комплексы, монтируемые из модульных узлов, которые

устанавливают на промплощадке или в выработанном пространстве карьера, а также самоходные дробильно-сортировочные комплексы, работающие в забое.

Огромным резервом увеличения выпуска НСМ являются вторичные ресурсы, особенно отсевы дробления. Вовлечение в производство отсевов дробления позволит почти без дополнительных инвестиций увеличить выпуск продукции не менее чем на 10%. Эта цифра не кажется завышенной, потому что в России ежегодно вырабатывается по крайней мере 40 млн м³ отсевов дробления, из которых находят спрос, по оценкам ВНИПИИстромсырье, не более 10–15%.

Другим дополнительным источником роста выпуска щебня и дробленого песка является лом бетона и асфальтобетона, почти не используемый в России. Этот вид продукции в большинстве случаев является полноценной заменой НСМ из минерального сырья. Средняя стоимость НСМ, произведенных из бетона и асфальтобетона, в 2005 г. в США составляла соответственно 7,62 и 9,12 USD/т при значительных колебаниях в различных штатах. В тот же период средняя стоимость НСМ, произведенных из минерального сырья, равнялась 7,16 USD/т. Более высокую цену на щебень из асфальтобетона строители автодорог согласны платить, поскольку в нем содержится асфальт.

Вовлечение в производство этого вида вторичного сырья позволяет улучшить экологическую обстановку. Поэтому в развитых странах принимаются разнообразные способы поощрения и принуждения. Так, в США увеличивают плату за размещение отходов. В период 1985–2004 гг. этот вид платежа возрос по отношению к твердым отходам на 325% и достиг 34,3 USD/т [3].

На карьерах подотрасли остается невысоким коэффициент использования рабочего времени. Обычно ссылаются на изношенность оборудования. Но основные причины связаны с культурой производства и обслуживанием оборудования. Так, более 30% простоев ДСЗ вызваны авариями на конвейерах. Но вопросами очистки конвейерной ленты и барабанов от прилипших и примерзших частиц серьезно не занимаются. А ведь только патентный фонд содержит данные о конструкции многих сотен очистных устройств. По мнению зарубежных специалистов, когда температура воздуха достигает –10°C, время на обслуживание конвейеров должно возрасти на 1/3. Обращаю внимание на этот вид оборудования ДСЗ, поскольку большая часть эксплуатационных затрат при переработке горной массы приходится на транспортировку материала, а не на дробление и грохочение. Ожидать изменения отношения к обслуживанию оборудования при его эксплуатации и ремонте пока нет оснований. На ситуацию может повлиять комплекс мероприятий начиная с организации сервисных служб, которые могут работать прибыльно при заводах – изготовителях оборудования. Такой опыт имеется, в частности, в ОАО «Дробмаш».

Руководители страны начали проявлять озабоченность производительностью труда, резко отличающейся от зарубежных показателей и зависящей в значительной степени от организации производства. В качестве примера можно привести данные по угольной промышленности, одной из передовых среди горных отраслей мира (табл. 1). В таблице приведены данные по предприятиям, имеющим средние технико-экономические показатели. Примерно такое же соотношение в производительности труда сложилось на отечественных и зарубежных предприятиях НСМ. Данные Росстата не дают возможности определить многие показатели работы предприятий строительных материалов.

Таблица 1

Показатели работы современных угольных предприятий [4]

Показатели	Предприятия	
	Российские	Зарубежные
Рентабельность производства, %	15–20	30–40
Производительность труда оператора, тыс. т/год	1,2–1,8	10–15
Время работы оборудования, тыс. ч/год	1–2	5–6
Себестоимость добычи 1 т угля, USD	12–18	8–12
Оплата труда, USD/мес	500–700	2500–3000

Таблица 2

Распределение эксплуатационных затрат при разработке месторождений скальных пород (без учета затрат на вскрышные и вспомогательные работы)

Процессы	Пределы колебаний в общих затратах, %	Пределы колебаний по отношению к затратам на добычные работы, %	Средние значения, %
Добыча	26,2–44,8	–	100
Переработка горной массы	23,4–41,5	84–132	98,8
Отгрузка продукции	6,3–23,8	14–38	31,6

Таблица 3

Распределение эксплуатационных затрат при разработке месторождений песчано-гравийных пород

Процессы	Пределы колебаний в общих затратах, %	Средние значения, %
Вскрыша	2–16,6	9,7
Добыча	12,1–50,6	36,5
Переработка горной массы	16,8–51	35,1
Отгрузка продукции	5,5	18,8

Рост производительности труда связан не только с внедрением дистанционного управления, повышением надежности оборудования, но и с изменением устаревших нормативов. Первый пример. На отечественных карьерах распространяются технологии с применением модульных и самоходных дробильных и сортировочных агрегатов. В развитых странах один машинист управляет экскаватором и первым самоходным дробильным агрегатом. А на каждый следующий агрегат приходится не более одного рабочего. Наши надзорные службы требуют, чтобы обслуживание каждого агрегата осуществлялось двумя рабочими. Второй пример. Обслуживание ДСЗ «Мраморная скала», США,

доверено двум рабочим: один находится у пульта с несколькими мониторами, второй механик-обходчик. Комплекс в открытом исполнении производит около 1 млн т щебня в год, перерабатывая однородные известняки. Изменению ситуации в нашей стране может способствовать введение новых нормативных документов, которые не обновлялись более 20 лет.

При решении проблемы роста производительности труда возникает вопрос, с чего начать, чему отдать предпочтение — карьере или ДСЗ. Данные о соотношении эксплуатационных расходов показали, что затраты на добычные работы (без вскрыши) и переработку минерального сырья совпадают (табл. 2, 3); обработаны данные десятков проектов, выполненных ВНИПИИ-стромсырье. Есть данные за 2006 г. по предприятиям флюсовой промышленности, близкой нам по горно-техническим условиям. Численность работников карьера по отношению к работникам обогатительной фабрики находится в пределах 82–215%, в среднем 154% [5]. На карьере обычно занято большее количество трудящихся, а возможности внедрения дистанционного управления меньше. Хотя система спутниковой навигации для экскаваторов, фронтальных погрузчиков и самосвалов была апробирована более 10 лет назад, ее внедрение на отечественных карьерах, кроме крупнейших ГОК, в ближайшие годы проблематично.

Другой резерв снижения трудоемкости и затрат — реорганизация складирования и отгрузки продукции. В первую очередь нужно исключить возможность использования на складах бульдозеров, благодаря чему улучшится качество отгруженной продукции. На карьерах редко используют штабелеукладчики, которые позволяют снизить сегрегацию материала по крупности.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

Укрепление производственного потенциала промышленности НСМ следует ожидать в первую очередь за счет внедрения на строящихся и реконструируемых предприятиях новых технологий, базирующихся на использовании быстромонтируемых модульных и самоходных дробильно-сортировочных агрегатов. Эти технологии легче перестраиваются на выпуск новой продукции в соответствии с запросами рынка. В коренном изменении нуждается складское хозяйство карьеров.

Значительным резервом роста производства НСМ может стать переработка техногенных образований промышленности. Для вовлечения в производство вторичного сырья нужно создать стимулы, что требует внесения изменений в законодательство о недропользовании.

Список литературы

1. Журавлев А.А. Состояние промышленности нерудных строительных материалов и перспективы ее развития // Строит. материалы. 2007. № 12. С. 4–7.
2. Статистика СНГ. Росстат, 2006. № 400. С. 93.
3. Economics Recycling // Rock Products. 2007. № 10. P. 23.
4. Галкина Н.В., Макаров А.М. Дисбаланс интересов и ответственности — главный тормоз развития угледобывающего предприятия // Уголь. 2006. № 9. С. 7–9.
5. Техничко-экономические показатели работы предприятий за 1990–2006 гг. ИГД УрО РАН, Екатеринбург, 2007. С. 390.

Я выбрал жаско

400078 Волгоград, пр. Ленина, 67/1
(8442) 73-03-79, 73-06-06
www.jasko.ru e-mail: jasko@jasko.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

<ul style="list-style-type: none"> ● МЕШКОЗАШИВОЧНЫЕ МАШИНЫ <ul style="list-style-type: none"> ✓ с ленточным транспортером ✓ портативные ● ДОЗАТОРЫ <ul style="list-style-type: none"> ✓ для учета и дозирования ✓ для фасования в открытые мешки ✓ для фасования в клапанные мешки ✓ наполнители БИГ-БЭГов ✓ смесители ● ПАРОГЕНЕРАТОРЫ <ul style="list-style-type: none"> ✓ электродные ✓ тэновые ✓ газовые и дизтопливные 	<ul style="list-style-type: none"> ● ГРАДИРНИ ● МЕЖОПЕРАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ <ul style="list-style-type: none"> ✓ шнековые транспортеры ✓ комплекс для разгрузки вагонов-хопперов ✓ загрузчики ✓ нории ● СУШИЛКИ <ul style="list-style-type: none"> ✓ барабанные ✓ с кипящим слоем ✓ ленточные ✓ вибрационные конвективные
---	---

ПРОИЗВОДСТВО И ПОСТАВКА: 15 ЛЕТ НА РЫНКЕ!

Т.Т. ЛУКАШЕВА, инженер, ФГУП «ВНИПИИстромсырье» (Москва)

Проблемы сегрегации и усреднения щебня и гравия

При укладке сыпучих материалов в штабели происходит их сегрегация (расслоение) по крупности. Сегрегация существенно изменяет гранулометрический состав нерудных строительных материалов (НСМ), отгружаемых потребителям. А объем производства НСМ приближается к 400 млн м³ в год, то есть больше объема добычи любого другого полезного ископаемого. Из-за сегрегации на технологические линии заводов ЖБИ поступает щебень и гравий нестабильного состава, что влияет на качество продукции, вызывает увеличение расхода цемента. То есть повышает издержки производства.

Произведенные на дробильно-сортировочных заводах НСМ перед отгрузкой размещаются на складах. На отечественных карьерах НСМ укладываются, как правило, в открытые склады, хребтовые треугольного сечения или конусные. У потребителей НСМ хранятся на складах аналогичной конструкции.

Обработка данных значительного количества проектов, выполненных ВНИПИИстромсырье [1], показала, что в среднем 1/6 часть затрат на производство НСМ приходится по операции складирования (учитывались затраты на горные работы и переработку горной массы). Поскольку модернизировать производство имеют возможность лишь немногие предприятия, в ближайшие годы конструкция складов, способы их формирования и отгрузки продукции не претерпят существенных изменений. Поэтому вопросы совершенствования конструкции складов НСМ и предсказуемости характеристик продукции, получаемой потребителями, сохраняют актуальность на длительную перспективу.

Институт ВНИПИИстромсырье исследовал процесс сегрегации щебня и гравия на складах завода ЖБИ № 11. Были проведены эксперименты на Икшинском опытно-производственном предприятии института. Исследования позволили установить количественные значения распределения различных фракций материалов внутри штабеля.

При исследовании гравия, поступающего в смесительное отделение завода ЖБИ № 11, было обнаружено, что гранулометрический состав гравия в середине конуса замельчен (содержание фракции 10 мм изменялось от 25 до 70%).

На рис. 1 представлена схема опробования экспериментального конуса на Икшинском опытно-производ-

ственном предприятии. Конус формировался пятью слоями при одинаковой скорости поступления гравия. После отсыпки каждого слоя отбирались пробы с поверхности конуса по его образующим. Для повышения достоверности результатов опыта в каждой точке отбирались две пробы в разных частях конуса на одинаковой высоте от основания конуса.

Результаты математической обработки экспериментов показали, что для сравнения проб различных опытов необходимо отбирать пробы на одинаковых относительных расстояниях от основания конуса a :

$$a = \frac{l_{in}}{L_n},$$

где l_{in} – расстояние от основания конуса до точки отбора проб n -го слоя, м; L_n – длина образующей n -го слоя, м. При проведении опытов принято $a=0,063$; 0,125; 0,375; 0,625; 0,875; 1. Для количественной оценки гранулометрического состава материала в различных зонах конусного склада (степени сегрегации материала) был выбран безразмерный параметр:

$$C = \frac{\beta_i - \bar{\beta}}{\bar{\beta}},$$

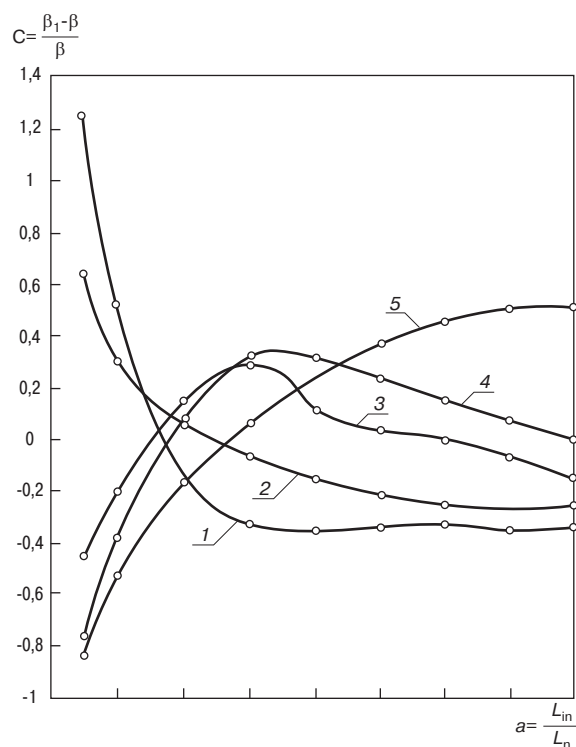


Рис. 2. Зависимость гранулометрического состава гравия 5–40 мм от расположения материала в конусном складе: 1 – фракция 30–40 мм; 2 – 20–30 мм; 3 – 15–20 мм; 4 – 10–15 мм; 5 – 5–10 мм

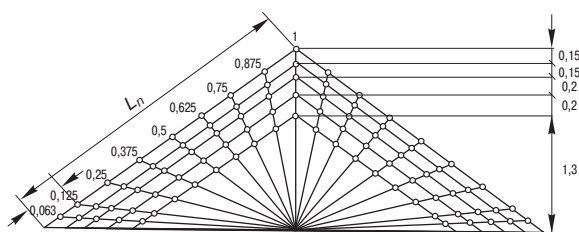


Рис. 1. Схема отбора проб опытного конуса (O – точки отбора проб)

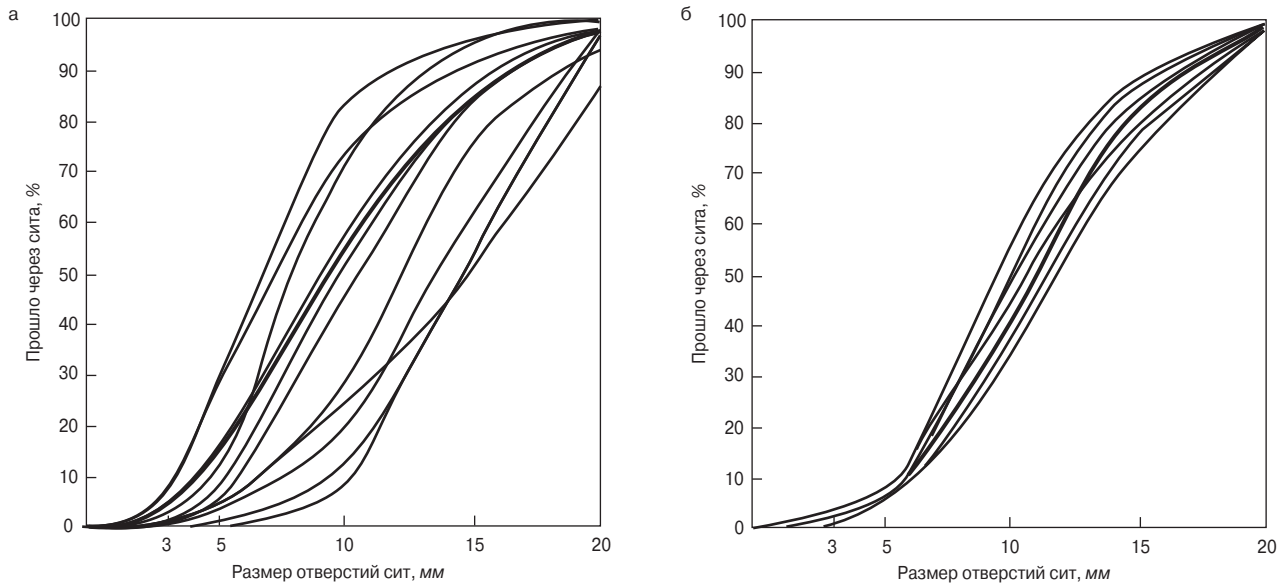


Рис. 3. Гранулометрический состав гравия 5–20 мм, отобранного при подаче в бетоносмесительный цех: тонкие линии – состав различных проб; толстая линия – средний состав гравия

где β_i – содержание данной фракции в каждой точке конусного склада, %; $\bar{\beta}$ – среднее содержание этой фракции на складе, %.

По разработанной методике было проведено исследование сегрегированных конусов со следующими исходными материалами:

1. Гравий крупностью 5–20 мм при соотношении фракций: 15–20 мм – 5%; 10–15 мм – 35%; 5–10 мм – 57%; 0–5 мм – 3%.

2. Гравий крупностью 5–40 мм при соотношении фракций 5–20 и 20–40 мм 50:50.

3. Смесь щебня с гравием крупностью 5–20 мм при соотношении 60% щебня и 40% гравия.

Проведенные исследования позволили отметить, что гранулометрический состав всех материалов в различных зонах сегрегированного конусного склада колеблется в широких пределах, но сегрегация гравия происходит интенсивнее.

По экспериментальным данным получены графические зависимости $C=f(a)$ для каждого материала по всем фракциям (рис. 2).

На основании полученных закономерностей, зная исходный гранулометрический состав, можно рассчитать гранулометрический состав материала в любой точке конусного склада. Например, при $a=0,063$ по графику (рис. 2) определяется значение C для фракции 5–10 мм:

$$C = \frac{\beta_i^{5-10} - \bar{\beta}^{5-10}}{\bar{\beta}^{5-10}}$$

Зная $\bar{\beta}^{5-10} = 32,7\%$, определяем:

$$\beta^{5-10} = \bar{\beta}^{5-10} - 0,85\bar{\beta}^{5-10} = 32,7 - 0,85 \times 32,7 = 4,9\%$$

Таким образом, рассчитав гранулометрический состав материала в различных точках конусного склада, можно предусмотреть выдачу оптимального материала, разгружая его с определенных точек склада.

Однако исследования показали, что не весь материал разгружается самотеком. Поэтому на заводах ЖБИ необходимо предусмотреть его усреднение с помощью специальных усредняющих устройств.

Изучение процесса усреднения в стендовых условиях позволило сделать вывод о возможности усреднения материала в промышленных условиях укладкой его тонкими слоями.

Проектно-технологическое бюро института ВНИПИИстромсырье разработало установку, которая

была смонтирована и испытана на складе завода ЖБИ № 6 [2].

Установка распределяет материал, поступающий в нее с разгрузочной тележки конвейера, тонкими слоями по всей площади склада. Раскладка насыпаемого материала производилась одновременно в продольном и поперечном направлениях. Основным элементом насыпающего устройства были телескопические трубы, длина которых уменьшалась по мере заполнения склада.

На рис. 3 представлены кривые гранулометрического состава гравия крупностью 5–20 мм, отобранного из штабелей, сформированных по обычной технологии (рис. 3, а), и экспериментально (рис. 3, б).

Исследования, проведенные на стенде, позволили отметить, что расслоение материала происходит уже при высоте слоя 0,5 м. Поэтому необходимо, чтобы высота укладываемого слоя была не более 0,5 м.

Оценка степени усреднения проводилась по фракции 5–10 мм при помощи коэффициента усреднения:

$$K_y = \frac{\beta_1^{5-10}}{\beta_2^{5-10}},$$

который составлял 2,08–2,64. Полученный коэффициент усреднения дает возможность считать, что усредняющая установка позволит значительно снизить размах колебаний гранулометрического состава материала.

На основании проведенных исследований был создан проект опытно-промышленной установки по уменьшению сегрегации заполнителей с учетом выявленных технологических и конструктивных недостатков испытанной установки.

Усредняющие установки мы рекомендуем применять на заводах ЖБИ, поскольку если усреднять готовый продукт на складах дробильно-сортировочных заводов (ДСЗ), то при дальнейших перегрузках материала он снова расслаивается по крупности.

Приведенную методику расчета материала для различных точек конусного склада мы рекомендуем использовать для промежуточных складов промпродукта с целью подачи усредненного материала в дальнейшую переработку.

Это становится актуальным в связи с созданием прямоточных технологических схем без предварительного и поверочного грохочения после первой и второй стадий дробления.

В последние годы в России наблюдается тенденция увеличения объемов дорожного строительства с применением щебня высокой прочности.

ОМЗ-ДРО (МК Уралмаш) разработали технологические схемы получения щебня из изверженных и песчано-гравийных отложений [3]. Такие схемы включают промежуточные склады после первой стадии дробления. В этих проектах для усреднения промпродукта, поступающего со складов для дальнейшей переработки, желательнее производить расчеты гранулометрического состава продукта в различных точках склада в соответствии с предложенной методикой и предусмотреть его выпуск с определенных точек. Это несложно сделать на стадии проектирования.

Поскольку наша страна переходит к мировым стандартам нормирования продукции, у нас постоянно пересматриваются нормативы на различные виды продуктов, выпускаемых нерудными предприятиями. Кроме того, вводятся новые нормативы и технические условия, учитывающие требования потребителей и выгоду производителей.

Выявились новые тенденции в производстве бетона и железобетона: в массовом производстве стали применять химические добавки и микрозаполнители целевого назначения. Это повышает возможности улучшения качества бетона и расширяет области его применения для производства высококачественных строительных и отделочных изделий, а также архитектурных деталей.

Однако и при современной технологии производства бетона одним из важнейших требований к заполнителям была и остается стабильность гранулометрического состава.

Поэтому необходимо привлечь внимание конструкторских и проектных организаций к проблемам сегрегации, усреднения и складирования щебня и гравия на ДСЗ и заводах ЖБИ.

Для борьбы с сегрегацией по крупности необходимо:

- в проектах ДСЗ предусматривать промежуточные склады для промпродукта с выдачей в технологический усредненный продукт в соответствии с предложенной методикой расчета гранулометрического состава в различных точках склада;
- при приеме фракций широкого диапазона крупности предусмотреть использование установок различных конструкций по усреднению гранулометрического состава материала.

Список литературы

1. Буянов Ю.Д., Харо О.Е., Буткевич Г.Р. Задачи горной отрасли промышленности строительных материалов на современном этапе // Строит. материалы. 2005. № 4. С. 7.
2. Хаскельберг И.Г., Лукашева Т.Т. Вопросы устранения сегрегации щебня и гравия на складах заводов. Московский Дом научно-технической пропаганды им Ф.Э. Дзержинского, 1967.
3. Груздев А.В., Газалева Г.И. Новое оборудование и технологии получения кубовидного щебня в конусных дробилках ОМЗ-ДРО (МК Уралмаш) // Материалы конференции «Обеспечение прироста мощности предприятий промышленности нерудных строительных материалов». Москва, 2007.
4. Делтува Ю.Ю. Оптимизация гранулометрического состава заполнителей бетона в стадии производства и использования // Сб. докл. 9-ой Международной конференции работников нерудной промышленности. Москва, 2000.



Российские промышленные эллиптические шаровые мельницы "Активатор" интенсивного помола.

	Activator-C100	Activator-C500	Activator-C1000	Activator-C5000
произв-сть	100 кг/ч	500 кг/ч	1000 кг/ч	5000 кг/ч
тонина помола	1-3 мм	4-7 мм	20-50 мм	50-70 мм
потребляемая мощность	5,5 кВт/ч	11 кВт/ч	22 кВт/ч	55 кВт/ч
габариты, мм	1020×570×1230	1122×750×1500	1710×925×1815	2850×1700×2050
вес, кг	170	650	1300	5100



«Все мельницы проходят испытания на Полевые испытания и (дисциплины) системы полимерных пористых тел в лаборатории».

Мельницы "Активатор" производятся только по промышленным чертежам разработчика и защищены Патентами РФ №18001, №33037 на территории России. Патентообладатель: ЗАО "Активатор".

www.activator.ru >>

Новосибирск, Софийская, 18, оф. 107
630056, Новосибирск, 56, а/я 141
Факс: 8 (383) 345-15-30 (доп. 210)
Тел: 8 913 942 94 81
e-mail: eugene@activator.ru

УДК 622

В.Л. БАРОН, д-р техн. наук, М.А. АБДУЛКАДЫРОВ, инженер,
Ассоциация «Союзвзрывпром» (Москва)

Применение донных демпферов при взрывной отбойке вскрышных пород на карьерах штучного камня

В последние годы не менее чем в 4–5 раз возросла потребность в изделиях из декоративного камня. Скальные породы, покрывающие продуктивные толщи месторождений, требуют предварительного взрывного рыхления. Если добываемые породы представлены гранитами, габбро, диоритами и тому подобными породами с $f > 10-12$, разрушения их продуктивной толщи в результате взрывной отбойки пород на вскрышных уступах практически не происходит, тогда как при разработке менее прочных пород появляются новые трещины и происходит нарушение монолитности разрабатываемых массивов. В последнем случае применение камерезной техники на вскрышных уступах часто оказывается малоэффективным вследствие заклинивания ее режущих органов дезинтегрированными обломками и снижения производительности резания в 2–5 раз [1], а в условиях карьеров по добыче камня в Республике Дагестан, по данным наших наблюдений, даже в 5–7 раз по сравнению с механическим разрушением не нарушенных взрывом массивов.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности буровзрывных работ при отбойке на вскрышных уступах пород типа мраморов и известняков может явиться применение донных демпферов [2]. В 2005–2007 гг. по методике авторов проведена серия экспериментальных взрывов для дальнейшего совершенствования такой технологии буровзрывных работ (БВР) при вскрытии и добыче штучного камня на карьере Дербентского комбината строительных материалов (Республика Дагестан). Взрываеемые породы – трещиноватые известняки IV–VIII групп по шкале СНИП. Мощностям слоя известняков, относившихся ко II–III категориям трещиноватости, составляла 0,5–2 м. Средний размер природных блоков, слагающих продуктивную толщу мощностью 5–7 м, был равен 0,9–1,5 м (III–IV категории трещиноватости). Степень воздействия БВР, выполняемых при отбойке пород вскрыши, на известняки продуктивной толщи оценивалась по изменению выхода товарной продукции в случае использования демпферов и зарядов различных конструкций.

Отбойка пород производилась шпуровыми и скважинными зарядами диаметром (d) 42 и 105 мм. Длина зарядов соответствовала высоте уступов. Забойку в устье выработок выполняли из буровой мелочи. Средняя масса шпуровых зарядов равна 0,4 кг, скважинных – 3,7 кг. Боевик, взрываеемый с помощью ДШЭ-6 массой не более 200 г, устанавливали в центральной части шпуров и скважин. Сетка расположения шпуров принята равной 0,8×1,2 м, скважин – 1,6×1,8 м. Уборка взорванных пород осуществлялась экскаватором с ковшем емкостью 0,5 м³, что соответствовало размеру куска 0,8 м [3]. В качестве ВВ использовали граммониты 79/21 и игданиты с содержанием дизельного топлива 5,5; 4 и 3,5%.

Для снижения взрывных нагрузок, распространяющихся в глубь массива на продуктивную толщу, были проведены наблюдения за взрывами с применением

демпферов различной конструкции. Демпферы устанавливали в забое выработок (рис. 1).

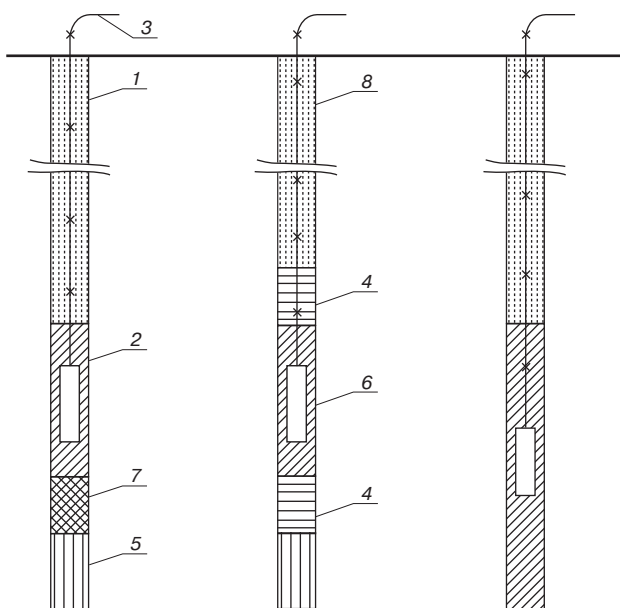
Глубина скважин и шпуров оставалась постоянной при отбойке граммонитами и игданитами. На дно выработок укладывали слой белой глины высотой 10 см, над которым располагали деревянные или резиновые демпферы высотой 10–15 см. Резиновые демпферы изготавливали из параизола (отходов резиновых прокладок, используемых для изоляции бетонных панелей).

Анализ результатов опытных взрывов показал, что в случае взрывания скважинных зарядов из граммонита 79/21 при отсутствии демпферов средний выход товарной продукции (плиты размером 0,6×0,4×0,4 м) составлял 20%. При использовании шпуровых зарядов средний выход товарной продукции возрастал до 23–25%.

Если скважины заряжались игданитами, выход товарной продукции составлял 24 и 28,5% (соответственно при содержании дизельного топлива 5,5 и 3,5%). Рост выхода товарной продукции в последнем случае, вероятно, достигался благодаря пониженной по сравнению с граммонитом 79/21 бризантности игданитов, содержащих минимальное количество дизельного топлива.

Значительно более эффективным оказалось применение демпферов комбинированной конструкции из глины с деревом или параизолом. Было установлено дальнейшее снижение интенсивности взрывного воздействия на продуктивную толщину, несмотря на рост доли энергии ВВ, полезно расходуемой на радиальное (боковое) разрушение массивов: при использовании комбинированных демпферов выход товарной продукции в ряде случаев возрастал до 40–50%. Максимальный выход был зафиксирован в случае применения демпферов из резины, установленных над слоем глины высотой 10 см, находившимся, как отмечалось ранее, непосредственно в забое выработок. Высота демпферов из дерева и параизола при проведении таких взрывов изменялась от 10 до 15 см (в среднем 12 см), составляя не менее 0,1 диаметра скважинного заряда и 0,25 d в случае отбойки шпуровыми зарядами. Чтобы исключить переизмельчение пород, в верхних устьевых участках вскрышных уступов длина забойки в скважинах была уменьшена до 0,8–1 м, а между колонкой ВВ и забойкой дополнительно устанавливали резиновый демпфер высотой 0,1 м. Такая конструкция обеспечивала не только минимальную степень воздействия на породы, расположенные под зарядами, но и находившиеся в так называемых верхних зонах нерегулируемого дробления. Существенно, что дальность разлета взорванных кусков породы была при этом минимальной (уменьшалась на 10–15%) за счет более высокого амортизирующего эффекта резиновых демпферов и соответственного возрастания затрат энергии ВВ, полезно расходуемой на дробление массива. При использовании деревянных демпферов максимальный выход товарной продукции достиг 35%.

Наиболее эффективным оказалось раздельное инициирование зарядов с помощью систем неэлектричес-



Конструкция зарядов при взрывании вскрышных уступов: 1 – забойка; 2 – боевик; 3 – ДШ; 4 – резиновый демпфер; 5 – глина; 6 – ВВ; 7 – деревянный демпфер; 8 – скважина (шпур)

кого взрывания, например СИНВ. В случае применения короткозамедленного взрывания зарядов электродетонаторами короткозамедленного действия ЭД-ЗН число зарядов в группе следует принимать не более 6–8.

Выход фракции крупностью +500 мм, как показали наши замеры по поверхности развала, при использовании резиновых прокладок возрастал до 75–80%, а в случае установки в скважинах деревянных демпферов снижался до 65–70%. При взрывании зарядов без демпферов выход фракции указанной крупности не превышал 60 и 63% (соответственно заряды из граммонита и игданита).

По аналогии с отбойкой пород на карьерах промышленности строительных материалов изменение удельного расхода ВВ (q) в зависимости от качества дробления горной массы (в рассматриваемых условиях изменение q от выхода товарной продукции при использовании демпферов различной конструкции и без них) может быть оценено по формуле [1]:

$$q = \frac{0,15 + 0,03N^{1,4}U^{0,6}}{1,16 + 0,05U^{1,8}}, \text{ кг/м}^3, \quad (1)$$

где N – номер группы пород по шкале СНИП; U – комплексный показатель, учитывающий крепость пород и выход товарной продукции:

$$U = \frac{N}{V + 2}; \quad (2)$$

V – выход товарной продукции, %.

В породах VII группы при среднем выходе товарной продукции 30 и 45% (при использовании соответственно деревянных и резиновых демпферов) значения удельного расхода ВВ будут отличаться, как следует из (1) и (2), на 11,14%. Указанному изменению q будет соответствовать уменьшение размеров сферы сжатия $R_{сж}$ (формула 30 Технических правил [3]) в $\sqrt{1,14}$. При уменьшении величины $R_{сж}$ разрушающее действие взрыва будет проявляться на меньшую глубину за счет поглощения энергии ВВ с помощью демпферов (наибольшая степень поглощения была зафиксирована при использовании резиновых демпферов).

Возможность регулирования разрушающего действия взрывов имеет большое значение и при разработке

профильных выемок в гидротехническом строительстве. Известно, что при производстве взрывных работ для предохранения контура таких выемок от критических напряжений в их основании оставляют защитный слой, мощность которого должна составлять 7–12 диаметров заряда [4]. Разработка защитного слоя осуществляется шпуровыми зарядами и отбойными молотками, что значительно увеличивает стоимость работ.

Проведенные исследования свидетельствуют о возможности уменьшения мощности защитных слоев за счет применения резиновых демпферов в породах IV–VIII групп (по шкале СНИП) на 10–15%, то есть до 6–10 диаметров заряда.

Весьма перспективным может явиться применение демпферов предлагаемых конструкций при стандартной отбойке пород на карьерах по добыче декоративного камня. Благодаря снижению степени разрушения пород в районе устья скважин на нижерасположенных уступах может быть сокращено число вновь образующихся трещин и уменьшен выход негабарита из этих зон, в значительной степени ответственных за качество дробления.

Список литературы

1. Руководство по составлению типовых проектов производства буровзрывных работ на карьерах. М.: ФГУП «Союзвзрывпром», 2004.
2. Карасев Ю.Г., Кутузов Б.Н., Анощенко Н.Н., Чеботарев Г.И. Опыт применения буровзрывных работ при вскрытии месторождения мрамора Коелга-Южная // Горный журнал. 2001. № 3.
3. Технические правила ведения взрывных работ на дневной поверхности. М.: Недра, 1972.
4. Багдасаров А.Г., Давыдов С.А., Страусман Р.Я. Взрывные работы в гидротехническом строительстве. М.: Энергия, 1969.

ОАО Горно-обогатительная компания

МУРАЕВНЯ

предлагает

- Песок кварцевый для строительных работ и производства сухих строительных смесей
- Песок фракционированный 0,5-1,0; 0,63-1,6; 1,0-3,0 мм
- Песок формовочный для литейной промышленности

ДОСТАВКА: ж.-д. транспортом со ст. Милославское Рязанской обл. вагонами «хоппер» и полувагонами; автотранспортом со склада фабрики самовывозом

ОТГРУЗКА насыпью или в мягких контейнерах МКР-10С

АДРЕС ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА В РЯЗАНИ
 390044 г. Рязань, Московское ш., д. 16
 Тел.: (4912) 38-88-37, 38-88-35
 Факс: (4912) 30-66-06, 34-31-47
 igorkup@yandex.ru www.muraevnya.ru

ЗАО "Урал-Омега" основано в 1989 году. Основная деятельность компании: изготовление, поставка, гарантийное и сервисное обслуживание дробильно-измельчительного оборудования, разработка технологий и научно-техническая деятельность. Разработанные технологии и основополагающие узлы дробильно-измельчительного и классифицирующего оборудования запатентованы и не имеют аналогов в мире. В настоящее время компания является надежным партнером более 150 предприятий России, стран СНГ и зарубежья.

www.uralomega.ru

ОБОРУДОВАНИЕ

Измельчительные комплексы КИ

Измельчительные комплексы КИ предназначены для производства тонких и сверхтонких порошков из материалов любой степени абразивности и твердости. Эффективно применяются для получения компонентов ССС, цементов, наполнителей и т.д. Получаемый продукт характеризуется узким фракционным составом и высокой физико-химической активностью. Измельчительные комплексы КИ позволяют получать группы продуктов с тониной помола от 500 до 5 мкм с производительностью от 0.5 до 15 т/ч.



Центробежные дробилки ДЦ

Применение центробежно-ударных дробилок ДЦ позволяет получать щебень из любых типов пород с показателем лещадности не более 10%. Типовым продуктом дробления является щебень с содержанием зерен форм: <math><1:2 \sim 75\%</math>; <math><1:3 \sim 93\%</math> при одновременном повышении прочности щебня на 1 ступень. Малая масса дробилок и отсутствие требований к фундаментам позволяют обеспечить мобильность оборудования. Применение "газостатического подшипника", самофутеровки и целого ряда запатентованных решений позволяют снизить металло- и энергоемкость, стоимость эксплуатационных затрат по обслуживанию оборудования.



Классифицирующие комплексы КК

Решения, основанные на использовании классифицирующих комплексов КК, позволяют обеспечить получение высоколиквидной продукции из отсева дробильных производств (фракция 0-5 мм): мелкого щебня (2-5 мм), используемого для верхнего слоя дорожного полотна, строительных песков (0,16-2 мм), и минеральных наполнителей (0-0,16 мм) используемых в качестве компонентов ССС. Классифицирующие комплексы КК превосходят традиционные схемы грохочения мелких классов, обеспечивая обеспыливание продуктов классификации.



- Производство кубовидного щебня
- Производство компонентов сухих строительных смесей
- Производство тонкодисперсных материалов
- Сухое обогащение и предобогащение руд
- Производство искусственных песков
- Обогащение отсевов дробления
- Технология производства смешанных цементов
- Активация материалов

технологии и решения

Россия, г. Магнитогорск
пр. Ленина, 89, стр.7
тел. +7 (3519) 31-66-11,
факс +7 (3519) 49-81-50
e-mail: info@uralomega.ru

Г.И. ЕВГЕНЬЕВ, канд. техн. наук, А.Г. ЕВГЕНЬЕВА, инженер,
Научно-исследовательский институт материалов и конструкций
Московского автомобильно-дорожного института (ГТУ)

Щебень по европейским стандартам

В последние несколько лет в России получил широкое распространение ряд зарубежных технологий и оборудования, а также их отечественных аналогов для получения щебня для дорожного строительства. Это новые дробильно-сортировочные комплексы, технологии щебеночно-мастичного асфальтобетона, расширение работ по поверхностным обработкам и др. По технической оснащенности и квалификации персонала отечественные передовые организации не уступают, а в некоторых случаях превосходят европейские фирмы, однако результаты работы не всегда оправдывают ожидания.

Современные асфальтобетонные смеси для верхних слоев покрытий (ЩМА) и для поверхностной обработки типа «Сларри Сил» и др. были разработаны или доведены до промышленного освоения за рубежом с применением западных требований не только к битуму, но и к щебню. Известно, что копирование чужого опыта приводит к положительным результатам только при комплексности копирования, то есть для обеспечения показателей верхних слоев покрытий, близких к европейским и американским, необходимо применять аналогичные материалы и использовать современные методы испытаний. В противном случае получаемый материал можно называть каким угодно громким названием, но его **качество не может быть выше, чем качество его компонентов**. Второй вариант — идти на дополнительные затраты, закупая экзотические фракции щебня, например 8–11 мм.

Как результат недопонимания проблемы или недобросовестности можно встретить объявления о поставке «еврощебня» или щебня по «евростандартам». Но все ли себе представляют, что такое щебень по «евростандартам»?

«Евростандарты» на щебень

В Европе на щебень для асфальто- и цементобетона действуют **разные стандарты** (табл. 1). Кроме того, европейские стандарты на заполнитель едины **для любых материалов** — природных каменных материалов, материалов, полученных из отходов промышленности и при рециклинге асфальтобетона или цементобетона.

В результате изменений требований к щебню изменились и требования к асфальтобетону с учетом новых

гранулометрических составов. В новых европейских стандартах введены новые требования по гранулометрическому составу, размерам сит, введен ряд новых методов испытаний физических и механических свойств щебня.

Фракции щебня (d/D)

Как описано в EN 13043, фракция каменного материала определяется, как и у нас, по верхней и нижней границам отсева с указанием границ «d/D». Например, единая фракция, обозначающаяся в отечественной практике как «фракция 10–20 мм», новым европейским стандартом разбита на две части: фракция 10/20 мм для общего применения в дорожном строительстве и 14/20 — для устройства слоев износа и поверхностной обработки (табл. 2).

Границей между песком и щебнем стал размер частицы 2 мм.

Кроме большего разнообразия фракций в Европе применяются сита с квадратными отверстиями, что при формально одинаковых ячейках сит приводит к закруглению европейского щебня по сравнению с российским. В результате, например, для качественной поверхностной обработки по методу «Сларри Сил» у нас должен использоваться щебень фракции не 4–10 мм по EN, а 8–11 мм. Кроме того, фракции по EN 13043 перекрывают друг друга.

Гранулометрический состав (G_c)

Новая процедура определения гранулометрического состава обращает большее внимание на «последовательность», то есть непрерывность состава по фракциям и основана на декларации производителями «типичного», в нашей терминологии — стандартного гранулометрического состава с контролируемыми отклонениями. Это позволяет отойти от излишне жестких требований с риском значительных изменений составов в течение поставок.

Например, если в спецификации указывается, что для щебня фракции 10–20 мм гранулометрический состав должен быть G_c85/20, это означает, что проход через сито 20 мм должен быть не менее 85%, а через сито 10 мм — 20% по массе (табл. 3).

Таблица 1

Европейские стандарты на щебень

Стандарт (EN)	Наименование	Руководящий документ (Великобритания)
EN 12620:2002 и EN 12620/AC-2004	Заполнители для бетона	PD 6682-1
EN 13043 и EN 13043/AC-2004	Заполнитель для асфальтобетонных и битумных смесей и поверхностных обработок для автомобильных дорог, аэродромов, других транспортных сооружений	PD 6682-2
EN 13139	Заполнитель для растворов	PD 6682-3
EN 13285	Требования к необработанным вяжущими покрытиям	

Некоторым преимуществом такого подхода является то, что при поставке щебня одного и того же гранулометрического состава и производитель, и потребитель не привязаны к фиксированным значениям стандартных рассевов.

Лещадность (FI)

Следует отметить, что принятое в отечественной практике ограничение содержания в щебне зерен плоской и игловатой форм с отношением большего и меньшего размеров выше 3 не полностью характеризует форму зерен. В этой связи представляет интерес принятая в некоторых зарубежных стандартах оценка формы зерен по так называемому индексу формы, то есть **среднему отношению наибольшего и наименьшего размеров зерен пробы**. Такая оценка позволяет судить о форме всего количества зерен щебня.

Для определения содержания плоских зерен по европейским стандартам предлагается применять щелевые сита, в результате чего показатель лещадности, например FI20 (не более 20% частиц плоской формы), значительно ниже определяемого по шаблону. Следует учитывать, что в новых евростандартах **к лещадным относятся только пластинчатые частицы, игловатые частицы выделены в отдельный показатель**, что хотя и оправданно с точки зрения удобства измерений, с научной точки зрения представляется спорным.

На практике авторы неоднократно сталкивались с заключениями лабораторий на качество щебня по форме зерна, согласно которым лещадность составляла менее 10%. При проверке оказалось, что форма зерна была определена по методике ГОСТ 8269.0–97 на щелевых ситах. В то же время по внешнему виду щебень не соответствовал 1-й группе по лещадности, а при контрольном определении методом визуальной разборки лещадность проб составила 20–22%.

Новый показатель «**игловатость**» частиц (shaped) и метод его определения сходны с отечественным методом определения лещадности по шаблону. Новый метод оценивает соотношение между максимальными и минимальными размерами отдельных частиц щебня.

Угловатость зерен щебня из гравия (C)

Определение угловатости зерен щебня из гравия заключается в визуальном осмотре выборки из средней пробы. В России рекомендуется значение 80% с допустимым значением 60% (табл. 4).

Лос-Анджелесский метод определения прочности щебня (LA)

Определение прочности щебня по дробимости в цилиндре под прессом, на наш взгляд, устарело. Необходимо переход к определению прочности на износ в Лос-Анджелесском барабане. Это испытание оценивает устойчивость крупного заполнителя на шлифование и механическое разрушение. При испытании крупный заполнитель (размер частиц более 5 мм) подвергается ударам и размолу стальными сферами. Результат испытаний – потеря массы каменного материала в результате механической деградации в процентах. Максимальные значения потери обычно составляют 35–55%. Максимально допустимая потеря массы – 55%. В настоящее время начата оценка применимости этого метода. Очевидно, что для дорожников этот показатель более важен, так как позволяет определить и износ щебня в покрытии, и наличие скрытых минералогических дефектов, например крепких вкраплений слюды, и ряд других показателей.

В европейских стандартах старый метод определения прочности по показателю дробимости, когда определяется нагрузка, при которой измельчается 10%

Таблица 2

Фракции щебня по российским и европейским стандартам

ГОСТ 8267–93, сита с круглыми отверстиями	EN 13043, сита с квадратными отверстиями
20–40	20–40
нет	20–32
10–20	10–20 (14–20)
10–15	6,3–14
5–10	4–10
0–5	2–6,3
нет	1–4
нет	0–4
нет	0–2

Таблица 3

Гранулометрический состав фракции щебня 10–20 мм G_c85/20 (пример)

Размер сита, мм (без учета формы ячеек)	Полный проход через сито, мас. %	
	EN 13043	ГОСТ 8267–93
40	100	100
31,5	98–100	100
20	85–99	90
15	не определяется	20–70
10	0–20	0–10
4	0–4	не определяется

Таблица 4

Требования к содержанию дробленых частиц в щебне из гравия

Категория (марка) по EN 13043	Массовая доля дробленых частиц, %	Допустимая массовая доля недробленых частиц округлой формы, %
C90/3	90–100	0–3
C50/10	50–100	0–10
C50/30	50–100	0–30
CNR/50	не определяется	0–50
CNR/70	не определяется	0–70
CNR	нет требований	нет требований

щебня исследуемой фракции, полностью заменен Лос-Анджелесским методом. Обозначение нового показателя, например, LA₃₀ – износ материала в барабане до 30 мас. %. Следует подчеркнуть, что показатель LA – это не показатель истираемости, определяемый в полочном барабане по отечественным требованиям.

Износостойкость щебня по методу Микро-Деваль (M_{DE})

Метод определения сопротивления истиранию особенно пригоден для случаев, когда частицы щебня находятся в контакте друг с другом и подвергаются колесной

Таблица 5

Ориентировочные значения полируемости горных пород

Группа	Горная порода	Ориентировочные значения стойкости к полируемости
1	Гранит, грандиорит, кварцевый диорит	55–87
2	Диабаз	54–80
3	Габбро, норит, анортозит	48–79
4	Базальт	48–66
5	Кварцит, песчаник, граувакка	50–65
6	Риолит, андезит, микродиорит	43–62
7	Гравийный щебень	35–59
8	Базальтовые лавы	54–58
9	Гнейс, амфиболит, гранулит	48–55
10	Известняк, доломит	33–55
11	Шлаки черной металлургии	46–56
12	Хромосодержащие шлаки	52–69
13	Бокситовые шлаки	63–72

нагрузке, например для необработанных покрытий, он похож на Лос-Анджелесский и практически совпадает с нашим показателем истираемости. В Скандинавских странах распространен другой метод – прямое определение износа под действием шины.

Полируемость щебня

Не секрет, что коэффициент сцепления колеса с покрытием через несколько дней после сдачи дорожного покрытия в эксплуатацию значительно выше, чем через несколько месяцев. С течением времени этот показатель неуклонно снижается. Это явление в значительной степени зависит от стойкости каменного материала к полировке.

Метод определения PSV используется для определения стойкости щебня верхнего слоя покрытия к полирующему действию колес транспортных средств. По результатам наших исследований по британским методикам удалось составить табл. 5. Чем выше значение сопротивления полируемости, тем дольше покрытие сохраняет сцепные свойства.

Морозостойкость

С учетом длительного опыта рекомендуется сохранить метод определения морозостойкости щебня в растворе сульфата магния как дающий более быстрые, хотя и менее точные результаты по сравнению с рекомендуемыми европейскими требованиями – методом прямого замораживания-оттаивания.

Сопrotивление тепловому удару

Этот новый метод оценивает возможность разрушения щебня в процессе интенсивной сушки на АБЗ.

«Стойкость к распаду» базальта

Новый метод, который оценивает возможность химического распада частиц базальтового щебня в щелочной

среде, актуален для цементобетонов. В отечественной практике метод применяется в основном для шлаков.

Заключение

Говоря о щебне «евростандартам» и поставщики, и потребители должны понимать, что такое определение автоматически требует проведения всех испытаний по европейским нормам, которые в настоящее время не аттестованы в России. Следовательно, такой щебень с формальной точки зрения применяться не может.

Рассматривая вопросы современных требований к качеству щебня для дорожного строительства, нельзя не заметить некоторых тенденций.

Первая тенденция – номинальное ужесточение требований к качеству щебня для верхних слоев покрытий, что оправданно с точки зрения повышения качества производства работ.

Вторая тенденция – негласное снижение требований потребителей к качеству щебня, что, естественно, не стимулирует карьеры к повышению качества продукции. Уже не редкость изготовление ЩМА на щебне, содержащем пластинчатых и игловатых зерен до 20%, поверхностная обработка – с содержанием пластинчатых и игловатых зерен более 15% и т. д.

Проблема – определение степени кубовидности щебня. Несмотря на длящиеся много лет разговоры о кубовидном щебне, до сих пор производственные организации и поставщики не имеют единого технического документа, что не позволяет объективно оценить, кубовиден данный щебень или нет, и если нет, то насколько.

Несомненно, что никакое оборудование не может компенсировать низкое качество материалов, недостатки в методиках испытаний или недобросовестно выполненную работу.

VIII ЕЖЕГОДНАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ ВЫСТАВКА

ГОРОД - ПОРТ

26–28 сентября, Новороссийск
Наб. Адм. Серебрякова, 1, «Морской вокзал»

- **Строительные**
- **Благоустройство**
- **Жилищно-коммунальное хозяйство**
- **Евроремонт**
- **Тепло-, энергосбережение, электротехника**
- **Ландшафтный дизайн и озеленение**



РОСТЭК
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
СОЮЗА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЙ

СОЮЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЙ
г. НОВОРОССИЙСК



Генеральный информационный спонсор
Стройка
ГРУППА ГАЗЕТ

Тел./факс: (863) 240-32-60, 240-32-61
rostex@aaanet.ru; www.rostex-expo.ru

УДК 622.002.5

М.И. ОДИНОКИЙ, зав. сектором ООО «КОНСИТ-А» (Москва)

Оборудование для нерудных материалов

Предварительная подготовка нерудных материалов включает отмывку и разделение на несколько узких классов крупности, транспортирование и распределение их по бункерам. До настоящего времени эти операции выполняются с помощью бутар, грохотов и ленточных конвейеров. Совмещение этих операций в одном или нескольких аппаратах, последовательно установленных друг за другом и расположенных на одной отметке, позволяет более рационально сконструировать оборудование, уменьшить потери и тем самым снизить капитальные затраты и эксплуатационные расходы.

Фирма «КОНСИТ-А» занимается разработкой и производством технологического оборудования для различных отраслей промышленности. Выпускаемое оборудование является универсальным. Особенно широко используются конвейеры, конвейеры-грохоты, промыватели, грохоты, питатели-грохоты, питатели, вибрационные сита, сушилки и др.

Конвейеры-грохоты — это машины, совмещающие операции отмывки (или доотмывки), грохочения, транспортирования и распределения материалов по бункерам. Для отмывки сильнозагрязненных материалов разработаны и внедрены в производство **вибрационные конвейеры-промыватели КПВ**.

Техпроцессы переработки горного сырья предусматривают возможность накопления обрабатываемого материала между технологическими переделами в емкостях до нескольких сотен кубометров. Как правило, на этих стадиях переработки сырье имеет кусковой и крупнокусковой гранулометрический состав. Для обеспечения управляемого выпуска материала из емкостей применяют технические устройства — питатели.

Вибрационные питатели-грохоты ПГВ позволяют совмещать транспортирование материала по лотку с грохочением и обезвоживанием. **Вибрационные бункерные питатели ПВБ** предназначены для разгрузки бункеров.

Вибрационные конвейеры КВ2Т и КВ1Ж2 наиболее эффективны при транспортировке пылящих, химически агрессивных, взрывоопасных, абразивных и других насыпных грузов, для перемещения которых мало или совершенно непригодны другие виды конвейеров. Они позволяют также беспыльно транспортировать сыпучие материалы в технологических цепочках от одного передела к другому.

Конвейеры ленточные карманные КЛК совмещают функции конвейера и элеватора и позволяют перемещать материал по трассе сложной геометрии, с горизонтальными, наклонными и вертикальными участками.

Вибросита типа СВ предназначены для пылеплотного отсева сыпучих материалов (инертных материалов, компонентов сухих смесей и др.) на 2–4 фракции. Сита диаметром 0,4–1,2 м позволяют решать многие технологические задачи. Для труднопросеиваемых материалов или высокопроизводительных технологий применяются прямоугольные **сита типа СВ-0,75/2,0** и **многодечные грохоты**.

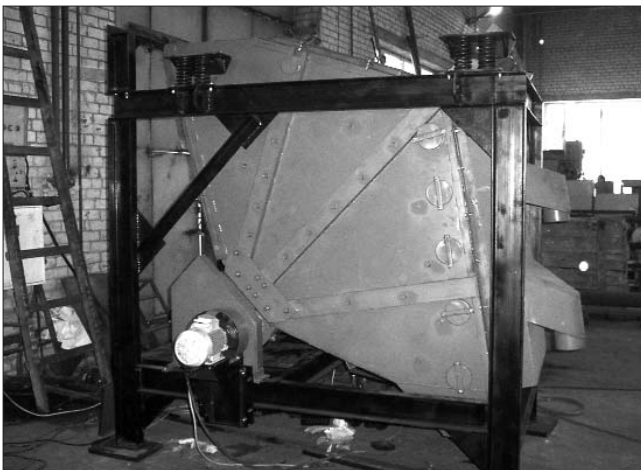
Многодечные грохоты ГВМ используются для разделения материалов на фракции на крутонаклонных просеивающих поверхностях, расположенных в пять ярусов. При этом реализуется метод вероятностного просеивания, когда размеры отверстий сит больше размера частиц. Преимущество грохота в снижении риска засорения сеток.

Питатели ПВЭМ (вибрационные электромагнитные) и ПВШ (шнековые) позволяют решать многие задачи выпуска сыпучих материалов из бункеров и используются для транспортирования в системах с регулируемой производительностью, в том числе для дозирования. Для активации выпуска и предотвращения сводообразования применяются **вибрационные питатели-активаторы ПВА**.

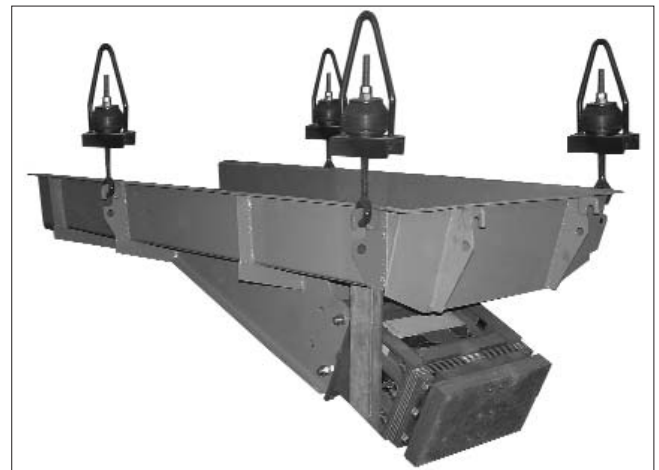
Вибросушилки электрические типа СВТ и ПЭВ находят применение на предприятиях, где нет возможности подвести газовое снабжение. Важнейшим преимуществом сушилок с нагревателями ТЭН по сравнению с газовыми барабанными сушилками заключается в том, что они экологически безопасны. В основе действия этих аппаратов лежит способность сыпучих материалов направленно перемещаться по колеблющейся поверхности в вакууме, газовой и жидких средах. Сушилки при необходимости используются с **охладителями типа ОВ и КОВ** там, где необходима низкая температура сыпучих материалов для дальнейших переделов производства.

Фирма «КОНСИТ-А» видит перспективы развития в разработке новых современных конструкций аппаратов, комплектации их современной автоматикой и приводами, расширении ассортимента.

Заказчики, обращаясь в фирму «КОНСИТ-А», получают всестороннюю поддержку: помощь при выборе наиболее подходящего варианта, осуществление привязки, поставку оборудования в кратчайшие сроки.



Многодечный грохот ГВМ



Питатель ПВЭМ

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
СКБ СТРОЙПРИБОР
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



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

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

ИПС-МГ4.01 / ИПС-МГ4.03
 ударно-импульсный
 автоматическая обработка измерений

 диапазон 3...100 МПа

УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С
 ультразвуковой
 поверхностное и сквозное прозвучивание

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

ПОС-50МГ4 / ПОС-50МГ4 Д / ПОС-50МГ4 "Скол"
 отрыв со скалыванием и скалывание ребра

 предельное усилие 60 кН
 диапазон 5...100 МПа

ПОС-2МГ4 П
 испытание прочности ячеистых бетонов

 предельное усилие вырыва 2,5 кН

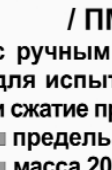
Прессы испытательные малогабаритные
ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4 / ПГМ-1000МГ4
 с гидравлическим приводом для испытания бетона, асфальтобетона, кирпича
 ■ предельная нагрузка 100 / 500 / 1000 кН
 ■ масса 70 / 120 / 180 кг



ПСО-10МГ4 КЛ
 испытание прочности сцепления в каменной кладке

 предельное усилие отрыва 15 кН

ДИНАМОМЕТРЫ
ДМС-МГ4 / ДМР-МГ4
 эталонные
 сжатия / растяжения

 предельная нагрузка 1...1000 кН

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




АДГЕЗИМЕТРЫ
ПСО-МГ4
 испытание прочности сцепления покрытия с основанием

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

ИЗМЕРИТЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"
 стационарный и зондовый режимы

 диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ

ИСП-МГ4 / ИСП-МГ4.01
 анемометр-термометр
 диапазон 0,1...20 (1...30) м/с
 -30...+100 °С

ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01
 термогигрометр
 диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С


ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ

ИТП-МГ4.03 "Поток"
 3...5, 10 и 100-канальные регистраторы


 диапазон 10...999 Вт/м²
 -40...+70 °С

ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ

ВЛАГОМЕР-МГ4
 для измерения влажности бетона, сыпучих, древесины

 диапазон 1...45 %

ТЕРМОМЕТРЫ


ТМР-МГ4
 модульные регистрирующие для зимнего бетонирования и пропарочных камер

 до 20 модулей в комплекте
 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 ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

ИПА-МГ4
 диаметр контролируемой арматуры 3...40 мм
 диапазон измерения защитного слоя 3...140 мм


ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ

ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01
 зондовые / контактные 1...2-канальные
 диапазон -40...+250 °С


ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ

ЭИН-МГ4
 частотный метод
 диаметр арматуры 3...32 мм
 диапазон 100...1800 МПа


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

РЕКЛАМА



Будущее керамики



21-я Международная выставка технологий и оборудования
для производства керамики и кирпича

30 сентября - 4 октября
2008 Римини - Италия

www.tecnargilla.it

RIMINI FIERA S.p.A. 47900 Rimini - Italy - Via Emilia, 155
Тел. +39 0541 744111 - Факс +39 0541 744485 - r.magnani@riminifiera.it

Специализированные сектора:



При сотрудничестве:



Организатор:



Технология и оборудование для эффективной переработки осадочных горных пород

Компания «Волгоцемсервис» постоянно ведет научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по повышению эффективности разработки и использования природных ресурсов при производстве нерудных строительных материалов. Нами разработаны основные принципы и реализованы на практике различные варианты схем переработки осадочных горных пород при производстве щебня, позволяющие с максимальной эффективностью вести разработку как равнопрочных, так и неоднородных известняков и доломитов.

Ранее [1] описана схема переработки известняков в п. Кикерино Ленинградской обл. Горная масса содержит до 30% слабых разностей и глинистых примесей. Предложена двухстадийная технология дробления горной массы крупностью до 750 мм при производстве щебня крупностью до 40 (70) мм. На первой стадии дроблению подвергается вся горная масса в щековой дробилке ШДП 9×12 (СМД-111). Продукт дробления разделяется на грохоте ГИС-52 на два потока – «чистый» и «грязный» – по границе 20 (40) мм. «Грязный» поток на том же грохоте подвергается сортировке с выводом товарного щебня низкой прочности фракции 5 (20) – 20 (40) мм и материала 0–5 (20) мм, который направляется на рекультивацию. Ниже будет рассмотрен вариант переработки и использования данного материала для производства минерального порошка в тех случаях, когда содержание загрязняющих примесей минимально.

Материал «чистого» потока фракции 20 (40) мм подвергается дроблению в роторной дробилке ДРС12×12 (СМД-94). Продукт дробления рассеивается на грохоте ГИС-52 на щебеночные фракции 20 (40) – 40 (70), 5–20 мм и отсеvy дробления фракции 0–5 мм. Щебень обогащен по прочности и не имеет слабых разностей. Отсевы дробления, очищенные от примесей, являются прекрасным сырьем для производства минерального порошка для асфальтобетона или муки для сельского хозяйства.

Технология получила свое развитие при переработке неравнопрочных пород, не загрязненных примесями, в Сокском карьероуправлении (Самара). Горная масса перерабатываемой породы содержит до 30% слабых разностей. В то же время глинистые примеси практически отсутствуют. Испытание сырья по маркам прочности показали, что выход щебня марки 600 составляет 28%, марки 400 – 30%, марки 300 – 7%, марки 200 – 7% и менее 200 (некондиция) – 28%. На рис. 1 представлена

схема переработки до 185 м³/ч горной массы с крупностью кусков 750 мм на щебень крупностью до 40 мм и песок из отсевов дробления.

Дробление ведется по 2-стадийной схеме с применением щековой дробилки с простым движением щеки ШДП 9×12 (СМД-111) на первой стадии и конусной дробилки среднего дробления КСД-1750Гр на второй. Переработка горных пород в машинах подобного типа позволяет снизить выход фракции 0–5 мм на 10–15% по сравнению с переработкой в дробилках ударного действия. Двухстадийная схема дробления позволяет снизить выход фракции 0–5 мм на 5–7% по сравнению с 3-стадийной.

Работа дробилки второй стадии при высоких значениях разгрузочной щели (35–40 мм) дает дополнительное снижение выхода отсевов дробления до 5% по сравнению с работой на щели до 25 мм. При этом значительно увеличивается объем материала, циркулирующего в замкнутом цикле, но улучшается качество щебня по форме зерна. В данном случае качество щебня соответствует требованиям II группы ГОСТ 8267–93. На первом этапе фракция 0–5 мм будет реализовываться как песок из отсевов дробления. Отсутствие глинистых примесей позволяет с большей эффективностью использовать ее в качестве сырья для производства минерального порошка для асфальтобетона или заполнителей сухих смесей.

Технология предусматривает отбор карьерной мелочи и продукта дробления первой стадии крупностью до 40 мм. Дробленый материал проходит сортировку на грохоте ГИС-62 на фракции 20–40 мм и 0–20 мм. Щебень фракции 20–40 мм является готовой продукцией, а фракция 0–20 мм направляется на рекультивацию. В то же время отсутствие глинистых примесей позволяет рекомендовать этот материал наряду с отсевами дробления для производства минерального порошка или муки для сельского хозяйства.

Таким образом, предложенная технология переработки известняков по двухстадийной схеме дробления в дробилках, работающих по принципу сжатия кусков, позволила стабильно получать щебень повышенной марки при одновременном снижении переизмельчения материала.

Для переработки отсевов дробления, незагрязненных примесями, рекомендуются молотковые мельницы типа ММТ производства ОАО «Тяжмаш» (г. Сызрань). Мельницы осуществляют помол и сушку материала в

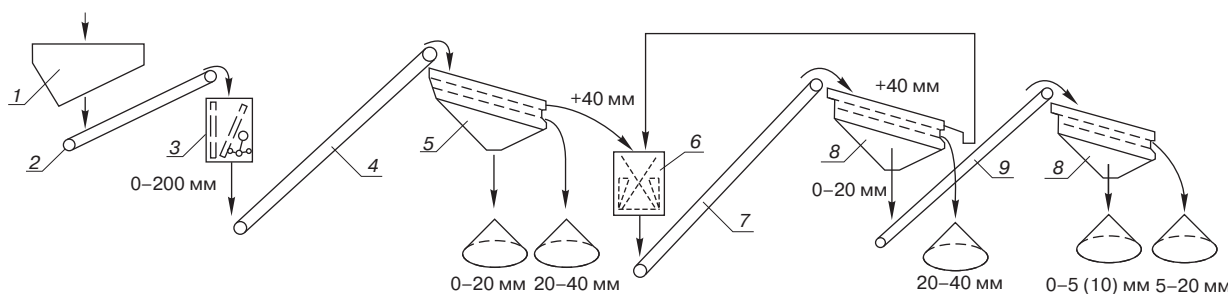


Рис. 1. Схема переработки горной массы с крупностью кусков 750 мм на щебень крупностью до 40 мм и песок из отсевов дробления: 1 – бункер V=70 м³; 2 – питатель; 3 – щековая дробилка СМД 111Б; 4 – конвейер ленточный; 5 – грохот ГИС-62; 6 – дробилка конусная КСД-1750Гр; 7 – конвейер ленточный; 8 – грохот ГИС-52; 9 – конвейер ленточный

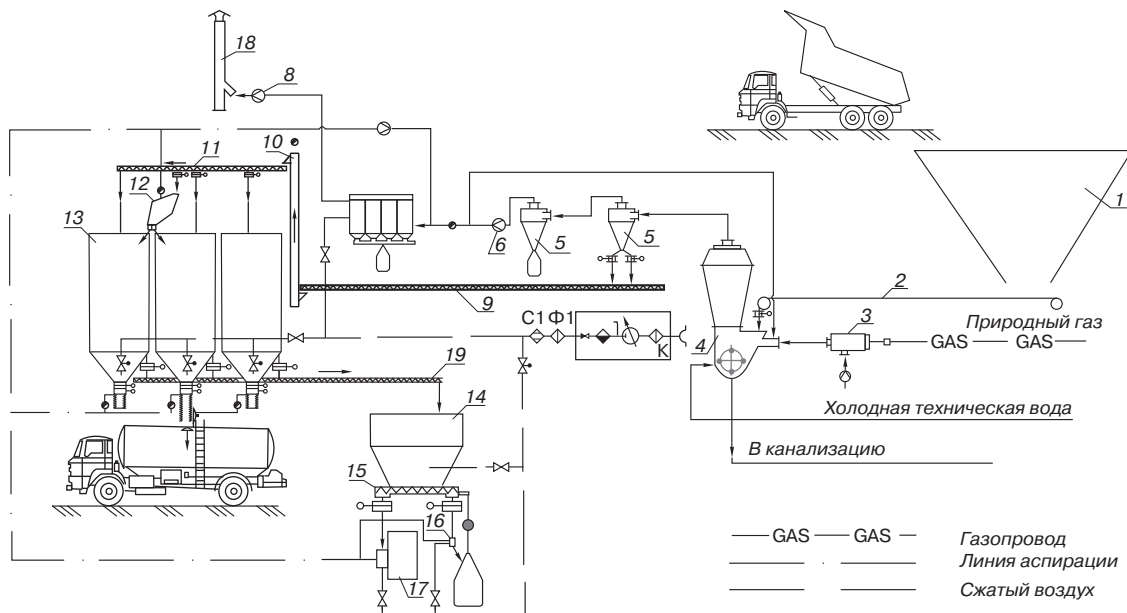


Рис. 2. Схема установки для производства заполнителей сухих смесей: 1 – бункер исходного материала; 2 – питатель ленточный; 3 – теплогенератор; 4 – мельница молотковая тангенциальная; 5 – циклон групповой; 6 – вентилятор; 7 – рукавный фильтр; 8 – дымосос; 9, 11, 19 – конвейер винтовой; 10 – элеватор; 12 – грохот кругонаклонный; 13 – емкость для порошка; 14 – бункер приемный; 15 – питатель винтовой; 16 – фасовка в биг-бэги; 17 – машина фасовочная в клапанные мешки; 18 – труба дымовая

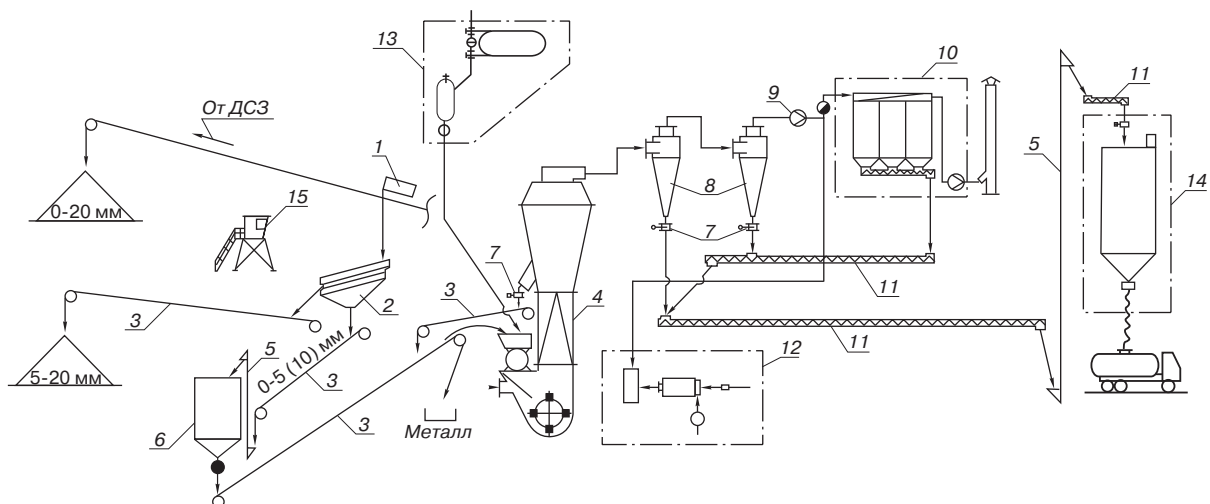


Рис. 3. Схема установки для производства активированного минерального порошка для асфальтобетона: 1 – плужковый сбрасыватель; 2 – грохот; 3 – конвейер ленточный; 4 – мельница; 5 – элеватор; 6 – промсклад; 7 – мигалки; 8 – циклон; 9 – дымосос; 10 – фильтр рукавный; 11 – конвейеры винтовые; 12 – теплогенератор; 13 – система подготовки активирующей добавки; 14 – силосный склад; 15 – агрегат управления

одном аппарате. Они очень эффективны при производстве минерального порошка для асфальтобетона и заполнителей сухих смесей. В том и другом случае требуется продукт влажностью не более 1% тониной с остатком на сите 100 мкм не более 2%.

На рис. 2 представлена схема установки для производства до 9 т/ч заполнителей сухих смесей в ООО «Жигулевский известковый завод». Помол и сушка известняка крупностью 0 (5)–5 (20) мм осуществляется в молотковой дробилке ММТ 1300/2030/750. Установка в закрытом исполнении может эксплуатироваться круглый год. Упаковка продукции осуществляется в биг-бэги и отгружается потребителю в основном автомобильным транспортом.

Еще более эффективна установка для производства до 20 т/ч активированного минерального порошка для асфальтобетона в соответствии с ГОСТ Р 52129–2003. В настоящее время установка строится во Владимирском карьероуправлении. Схема установки представлена на рис. 3. Она предусматривает переработку отсевов

дробления известняка и доломита в молотковой мельнице ММТ 2000/2590/750. Текущие отсевы фракции 0–20 мм, ранее направляемые в отвал, подвергаются грохочению на грохоте ГИЛ-52 по зерну 5 мм. Надрешетный продукт – щебень фракции 5–20 мм – направляется в открытый конусный склад для реализации, а подрешетный материал фракции 0–5 (10) мм – на переработку в установку. Технология предусматривает активацию порошка и хранение его в силосных банках. Отгрузка продукции осуществляется в цементовозы.

На первом этапе установка будет работать сезонно для обеспечения нужд дорожного строительства. В то же время имеется возможность для круглогодичной эксплуатации. Однако для этого требуется постоянный потребитель.

Список литературы

1. Дубов В.А. Совершенствование структуры изготовления и поставки оборудования для производства строительных материалов // Строит. материалы. 2005. № 10. С. 63–64.



3 - 6 февраля 2009

ОКНА. ДВЕРИ. СТЕКЛО. ФАСАДЫ.
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. КРЕПЕЖ
ОБОРУДОВАНИЕ. ИНСТРУМЕНТЫ



СТРОЙСИБ

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ФОРУМ**

ОДОБРЕНО



17 - 20 февраля 2009

ОТОПЛЕНИЕ. ВЕНТИЛЯЦИЯ. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ
САНТЕХНИКА. КЕРАМИКА. НАПОЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ
ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ЗДАНИЕ



ИНФОРМАЦИОННЫЕ
СПОНСОРЫ

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ
ОБОРУДОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИИ
XXI
ВЕКА**

Ежемесячный строительный журнал
СТРОИТЕЛЬСТВО
Официальное издание Российского
Совюза Строителей

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ОРБИТА**

**СТРОИ
ПРОФИЛЬ**
журнал для профессионалов

КNAUF
Мультимедиа издание для руководителей основного бизнеса

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР

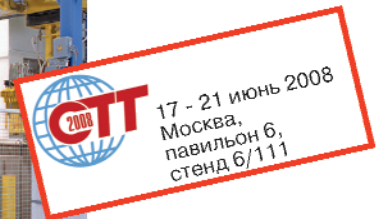
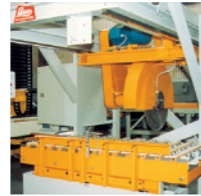
Оконные конструкции
tybet.ru

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



СИБИРСКАЯ ЯРМАРКА

Россия, 630049, Новосибирск, Красный проспект, 220/10
Телефон: (383) 210-62-90, 220-83-30, (3812) 24-32-61
www.stroisib.sibfair.ru



Наши идеи не ограничиваются кирпичом.

С момента их выхода на рынок в 1990 году, прессы фирмы LASCO серьезно изменили технологию производства силикатного кирпича. Они позволили достичь новых рубежей качества и рентабельности в производстве силикатных блоков любого размера. Мы, несомненно, добились больших успехов, однако не намерены почивать на лаврах. Перед нами стоят задачи, выходящие за рамки простого производства силикатного кирпича. Нами разработаны технологические решения и концепции для производства кирпича любого размера и стеновых элементов, технологии поточного производства и новые методы резки блоков, а также более рациональные способы перемещения блоков на стройплощадке. У нас с нашими заказчиками одна цель – повышение спроса на силикатный кирпич на рынке стройматериалов.

**LASCO UMFORMTECHNIK
WERKZEUGMASCHINENFABRIK**



Представительство в России: Anton Ohlert · 1 Шиповский переулок, 20, 8. этаж · 115093 г. Москва
Тел.: +7-495-9612061 · Факс: +7-495-9612071 · E-Mail: info@ohlert-moscow.ru

LASCO Umformtechnik GmbH · Hahnweg 139 · 96450 COBURG GERMANY
phone + 49 9561 642-0 · fax + 49 9561 642-3 33 · email: lasco@lasco.de · web: www.lasco.com

А.А. ГОРЛЯКОВ, начальник проектно-технологического отдела ОАО «Дробмаш»
(г. Выкса Нижегородской обл.)

«Дробмаш»: оборудование и технологии для производства щебня

Выксунский завод «Дробмаш» — одно из крупнейших российских предприятий по выпуску дробильно-сортировочного оборудования. Завод, основанный в 1933 г., стал первым отечественным предприятием по производству дробильно-помольного оборудования. С момента пуска в эксплуатацию предприятием произведено более 250 тыс. единиц различного промышленного оборудования.

В настоящее время «Дробмаш» предлагает потребителям практически всю известную номенклатуру дробильно-сортировочного оборудования для комплектования технологических линий, предназначенных для переработки различных горных пород с пределом прочности при сжатии до 300 МПа: щековые, конусные, роторные, молотковые дробилки, грохоты, питатели, кон-

вейеры, мельницы, оборудование для промывки песка и щебня.

С целью снижения трудоемкости и сокращения сроков монтажа оборудование изготавливается и поставляется в агрегатном виде. Учитывая потребности рынка, агрегаты ОАО «Дробмаш» выпускаются в исполнении, позволяющем в случае необходимости перемещать установки с одной площадки на другую, — передвижные на рамах с шасси, транспортируемые тягачом — ПДСУ и на металлических опорах — ТДСУ; их перемещение осуществляется на трейлерах. Большой ассортимент выпускаемых агрегатов ПДСУ и ТДСУ позволяет создавать различные технологические линии.

Исходя из того, что промышленность нерудных строительных материалов (НСМ) насчитывает более

3000 разведанных месторождений с запасами около 36 млрд м³, в том числе 33% скальных, 40% песчано-гравийных и 27% песчаных пород, при этом запасы единичного месторождения могут быть как небольшими, так и существенными, «Дробмаш» предлагает потребителям установки различной производительности, как стандартные, так и спроектированные индивидуально с учетом специальных требований потребителя.

В качестве стандартных схем для месторождений, имеющих небольшие запасы, предлагается установка ДСУ-30 (рис. 1) производительностью 30 м³/ч, позволяющая в течение года перерабатывать 150 тыс. м³ горной массы. Установка производится в двух вариантах — для переработки исходного куска до 340 и до 425 мм; каждый из вари-

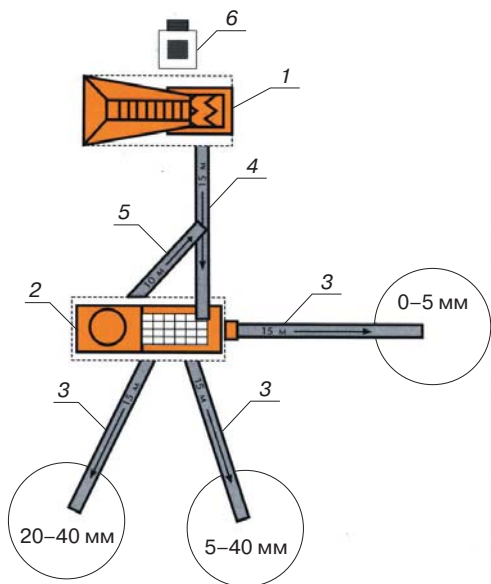


Рис. 1. Технологическая схема дробильно-сортировочной установки ДСУ-30 для получения щебня (оборудование ТДСУ):

- 1 — агрегат среднего дробления СМД-521 (вариант 1) или ДРО-694 (вариант 2);
- 2 — агрегат дробления и сортировки СМД-522;
- 3 — конвейер СМД-150А-70 (3 шт.);
- 4 — конвейер ДРО-912;
- 5 — конвейер СМД-150А-80;
- 6 — агрегат управления У7810.4А

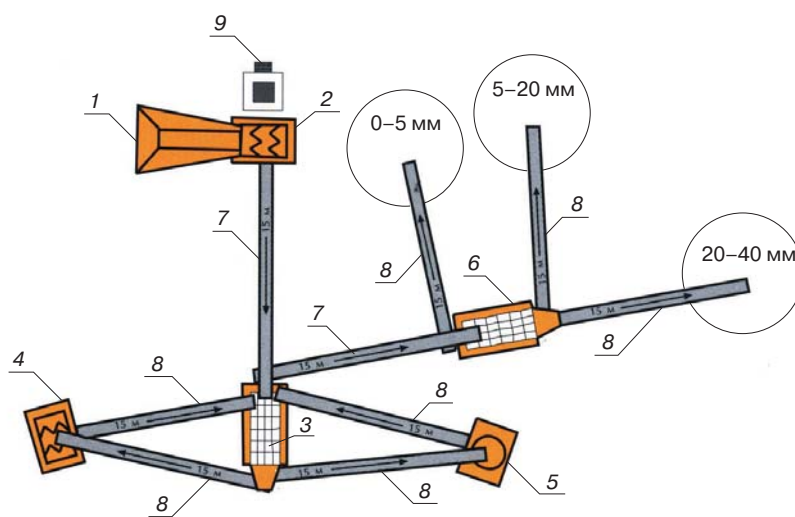


Рис. 2. Технологическая схема дробильно-сортировочной установки ДСУ-90 для получения щебня (оборудование ТДСУ):

- 1 — питатель вибрационный ДРО-586-10 или питатель пластинчатый ДРО-604;
- 2 — агрегат крупного дробления СМД-510-30;
- 3 — агрегат сортировки СМД-513А;
- 4 — агрегат среднего дробления СМД-511;
- 5 — агрегат мелкого дробления СМД-512;
- 6 — агрегат сортировки СМД-513А-10;
- 7 — конвейер ДРО-724 (2 шт.);
- 8 — конвейер ДРО-743, ДРО-912-70, ДРО-912-10, ДРО-912-90, ДРО-912 (3 шт.);
- 9 — агрегат управления У7810.4А

антов производится в двух исполнениях – ПДСУ и ТДСУ.

Для производства щебня из изверженных горных пород с прочностью при сжатии до 300 МПа на месторождениях со средними и большими запасами в качестве стандартной предлагается установка ДСУ-90 (рис. 2) производительностью 90 м³/ч, позволяющая перерабатывать в течение года 400 тыс. м³ горной массы. Установка выпускается в двух вариантах – передвижном (ПДСУ) и транспортируемом (ТДСУ).

Однако стандартные линии не всегда отвечают запросам потребителей. В этих случаях специалисты «Дробмаш» разрабатывают технологическую схему ДСУ непосредственно по условиям заказчика. Например, для увеличения выпуска щебня крупностью до 20 мм в линиях, аналогичных ДСУ-90, применяются другие агрегаты из выпускаемого номенклатурного ряда взамен используемых в стандартной схеме агрегата СМД-511 с двумя щековыми дробилками СМД-108А и агрегата ДРО-702-10 с одной конусной дробилкой ДРО-560; в схеме применяется агрегат ДРО-741 с двумя щековыми дробилками СМД-109А и агрегат

ДРО-739 с двумя конусными дробилками ДРО-560 и их модификации. В случае, если потребителю необходимо перерабатывать горную массу с большим размером исходного куска, в схеме вместо агрегата СМД-510 со щековой дробилкой СМД-110А применяется агрегат первичного дробления ДРО-721 со щековой дробилкой ДРО-609А, при этом потребителю будет доступна переработка горной породы с максимальным размером исходного куска 680 мм.

С целью получения мелких узких (5–10, 10–15, 15–20 мм) фракций щебня 1-й группы (кубовидного) «Дробмаш» предлагает комплекты ДСУ с агрегатом грануляции ДРО-630. Обработка щебня в грануляторе практически не увеличивает выход отсевов, сохраняя объем производства щебня 1-й группы на уровне выпуска щебня 3–5-й групп, что позволяет лучше использовать мощности ДСЗ по выпуску товарной продукции и минимизировать вынужденные отходы. Достигается это за счет конструкции гранулятора, который имеет шестибильный ротор и специально спроектированную камеру дробления. Степень дробления в грануляторе близка к 1. Агре-

гат широко применяется на предприятиях, производящих высококачественный щебень 1-й группы.

Для получения мытого щебня установки комплектуются вибрационной мойкой ДРО-636 либо агрегатом сортировки с промывкой материала ДРО-701, обеспечивающим получение трех фракций мытого щебня. При необходимости промывки песка с целью удаления глинистых включений и мелкой пылевидной фракции или выделения обогащенного песка из пульпы применяется пескомойка ИТБР-022М.

Научный и производственный потенциал позволяет создавать оборудование и предлагать технологии под индивидуальные производственные задачи потребителя вплоть до создания уникальных образцов. Система менеджмента качества на ОАО «Дробмаш» прошла сертификацию и признана соответствующей требованиям международного стандарта ДИН ЕН ИСО 9001:2000, а также российского стандарта ГОСТ Р ИСО 9001–2001 в области проектирования, производства, монтажа и технического обслуживания оборудования для производства строительных материалов.



ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ДРОБМАШ®

**ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ
 ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ И СОРТИРОВКИ
 ГОРНЫХ ПОРОД**

• дробилки • питатели • грохоты • конвейеры • агрегаты

Мы предлагаем полный комплекс услуг: проектирование, разработку технологии, производство, поставку, монтаж и шеф-монтаж, пусконаладку, гарантийное и послегарантийное обслуживание

ОАО «Дробмаш», г. Выкса Нижегородской области, ул. Заводская, 1
 Продажи по России: +78317733690, +78317734020, +78317762862, +78317762758
 Продажи за рубежом: +78317736002, +78317734271. Служба сервиса: +78317762833

www.drobmash.ru

Реклама

18 – 20 ноября 2008

РОССИЙСКАЯ НЕДЕЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

190068, Россия, Санкт-Петербург, а/я 597
Москва: +7 (495) 580 54 36
СПб: +7 (812) 380 65 72
703 71 85, 335 09 92
e-mail: info@dry-mix.ru

EXPO*Mix*

9-ая Международная специализированная выставка
Сухие смеси, бетоны и растворы

*Mix***BUILD**

10-ая Международная научно-техническая конференция
Современные технологии сухих смесей в строительстве

Техно
строй

4-й Московский международный фестиваль
Строительные материалы и технологии

Генеральный спонсор:

EURO
EMENT
ЕВРОЦЕМЕНТ груп

Организаторы: Академический научно-технический центр «Алит», Международное аналитическое обозрение «ALIT inform». При поддержке: Государственной думы РФ, Министерства регионального развития РФ, Федерального агентства по строительству и ЖКХ РФ, Правительства Москвы, Правительства Московской области. Информационная поддержка: журнал «Строительные Материалы», журнал «Сухие строительные смеси»



**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

**СУХИЕ
СТРОИТЕЛЬНЫЕ
СМЕСИ**

УДК 621.928

В.А. ОГУРЦОВ, канд. техн. наук, С.В. ФЕДОСОВ, д-р техн. наук, член-корр. РААСН,
В.Е. МИЗОНОВ, д-р техн. наук,
Ивановский государственный архитектурно-строительный университет

Моделирование кинетики виброгрохочения на основе теории цепей Маркова

Грохочение относится к процессам механической классификации полидисперсной смеси частиц на просеивающем сите на крупную и мелкую фракции и широко распространено в строительной, горнорудной и других отраслях промышленности [1]. От эффективности грохочения в значительной степени зависят потребительские характеристики продуктов разделения, а также единичная производительность грохотов.

При грохочении частиц достаточно крупного размера (с низкой удельной поверхностью) слой материала на грохоте может составлять одну или несколько частиц среднего размера. Все частицы находятся в непосредственной близости от разделяющего сита, и эффективность прохождения сквозь него проходových частиц зависит только от соотношения их размера и размера отверстий сита.

При разделении более мелких частиц (с высокой удельной поверхностью) распределение материала тонким слоем по просеивающей поверхности уже невозможно из-за большой требуемой поверхности грохота и материал приходится подавать на грохот относительно толстым слоем. При этом проходовой частице требуется время, чтобы достичь просеивающей поверхности и оно может стать определяющим в формировании кинетики извлечения проходových частиц. Кроме того, чтобы движение частиц к просеивающей поверхности состоялось, необходимо обеспечить их подвижность в слое, то есть привести материал в состояние псевдоожижения, для чего часто используют вибровоздействие на материал со стороны просеивающей поверхности – виброгрохочение.

Таким образом, физическим содержанием процесса грохочения является случайная миграция частиц в слое виброожиженного материала с возможностью выхода проходových частиц через границу слоя, примыкающую к просеивающей поверхности. Полный выход всех про-

ходových частиц через эту границу определяет кинетику грохочения.

Использование для описания этого процесса дисперсионного уравнения [2, 3] хотя и позволяет качественно отразить основные закономерности процесса, тем не менее является проблематичным. Во-первых, желание получить аналитические решения этого уравнения требует принятия существенных допущений, зачастую выхолащивающих важные физические особенности процесса. Во-вторых, само понятие концентрации частиц в точке оказывается неопределенным и не допускает экспериментального определения в силу конечности размеров частиц.

Целью настоящей статьи является описание способа математического моделирования грохочения, основанного на теории цепей Маркова как наиболее естественного инструмента для описания случайной миграции частиц внутри ансамбля. Базовые положения приложенной этой теории к моделированию процессов в дисперсных средах изложены в работе [4].

Расчетная схема процесса и его ячеечное представление показаны на рис. 1, а, б. Весь слой материала, содержащего крупные и мелкие частицы, разбит на $m-1$ подслоев конечного размера. Внутри каждого слоя распределение всех параметров материала по его объему считается равномерным.

Толщина подслоя Δx должна быть заметно больше размера самой крупной частицы, но заметно меньше полной толщины слоя. Разумным критерием выбора Δx может быть характерный размер пробоотборника для экспериментального определения состава смеси в подслое.

К ячейкам цепи добавлена ячейка, соответствующая коллектору мелкой фракции под ситом; тогда все m ячеек цепи определяют полное пространство возможных состояний частицы.

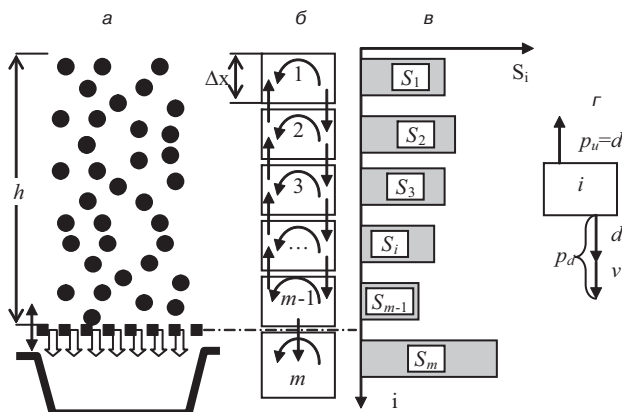


Рис. 1. Расчетная схема процесса (а); его ячейчная модель (б); пример распределения вероятностей состояний (в); схема выделения в переходных вероятностях симметричной составляющей (г)

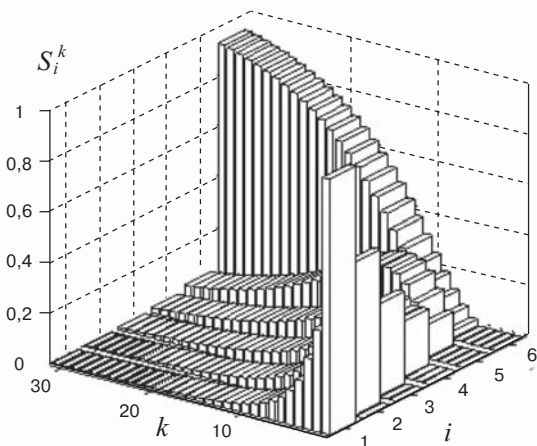


Рис. 2. Пример эволюции состояния грохотимой фракции ($d=0,2$; $v=0,4$; $v_i=0,2$)

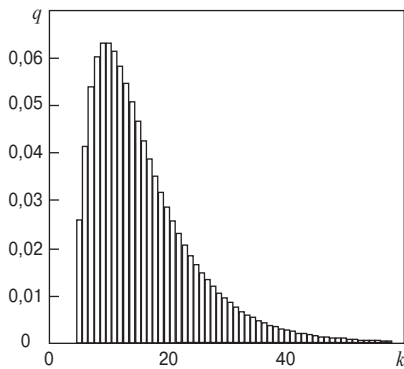


Рис. 3. Пример распределения времени пребывания трассера в грохотимом слое ($d=0,2$; $v=0,4$; $v_f=0,2$)

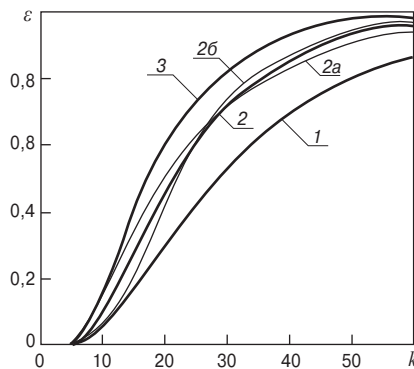


Рис. 4. Влияние параметров модели на кинетику извлечения подрешетного продукта: 1, 2, 3 – $d=0,2$; $v=0,2$; $v_f=0,1$; 0,2; 0,4 соответственно; 2a – $d=0,4$; $v=0,1$

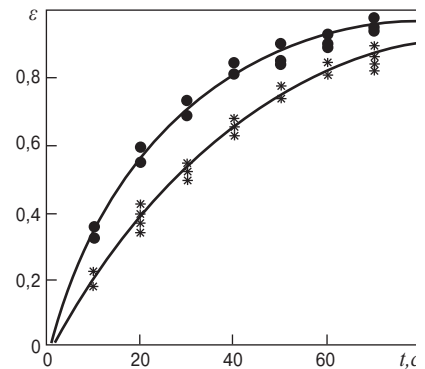


Рис. 5. Сравнение расчетной и опытной кинетики извлечения подрешетного продукта: 1 – фракция – 0,8 мм; $d=0,105$; $v=0,98$; $v_f=0,29$; 2 – фракция – 1,6 мм; $d=0,105$; $v=0,98$; $v_f=0,099$; сплошные линии – расчет; точки – эксперимент

Вероятности S_i того, что в данный момент времени частица окажется в i -й ячейке, различны (рис. 1, в). Их полный набор образует вектор состояния:

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ \dots \\ S_m \end{bmatrix}, \quad (1)$$

сумма всех элементов которого равна единице.

Будем рассматривать процесс через последовательные малые промежутки времени Δt (время перехода), в течение которых возможен переход из данного состояния (ячейки) только в соседние, но не далее. Тогда текущие моменты времени будут рассчитываться как $t_k = (k-1)\Delta t$, где целое число $k=1,2,\dots$ (номер перехода) становится целочисленным аналогом текущего времени.

Эволюция состояния цепи может быть описана следующим матричным рекуррентным равенством:

$$\mathbf{S}^{k+1} = \mathbf{P}\mathbf{S}^k, \quad (2)$$

где \mathbf{P} – матрица переходных вероятностей, которая при принятых ограничениях на Δt имеет вид:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{s1} & p_{u2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ p_{d1} & p_{s2} & p_{u3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_{d2} & p_{s3} & p_{u4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{d3} & p_{s4} & p_{u5} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{d4} & p_{s5} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{d5} & 1 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

В этой матрице в столбце, соответствующем номеру ячейки i , находятся вероятности перейти в течение Δt вверх p_{ui} , вниз p_{di} и остаться в ячейке p_{si} . Сумма всех вероятностей в каждом столбце равна единице.

В общем случае вероятности перейти вверх и вниз не равны друг другу. Так, при склонности частиц мелкой фракции к сегрегации $p_{ui} < p_{di}$. На рис. 1, г показано выделение из этих вероятностей симметричной чисто случайной составляющей с нулевым математическим ожиданием d_i и конвективной составляющей v_i . Эти величины связаны с параметрами дисперсионного уравнения [2, 3] соотношениями: $v_i = V_i \Delta t / \Delta x$, $d_i = D_i \Delta t / \Delta x^2$, где V_i – размерная скорость сегрегации; D_i – размерный дисперсионный коэффициент (коэффициент макроdiffузии).

Особое место занимает ячейка, соответствующая коллектору мелкой фракции. Попавшие в нее проходные частицы остаются в ней навсегда, поэтому $p_{sm} = 1$. Вероятность выхода в эту ячейку из нижней ячейки $p_{dm-1} = v_f$, принадлежащей слою материала, отличается от других вероятностей перехода вниз. Эта вероятность в значительной степени зависит от соотношения размеров проходной частицы и отверстия сита. Особенно это проявляется для трудных проходных частиц, размер которых превышает 80% размера отверстия.

Записанная в новых обозначениях матрица (3) приобретает вид:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{s1} & d & 0 & 0 & 0 & 0 \\ v+d & p_{s2} & d & 0 & 0 & 0 \\ 0 & v+d & p_{s3} & d & 0 & 0 \\ 0 & 0 & v+d & p_{s4} & d & 0 \\ 0 & 0 & 0 & v+d & p_{s5} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & v_f & 1 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где величины v и d приняты одинаковыми для всех ячеек слоя, а элементы главной диагонали рассчитываются как разность между единицей и суммой всех остальных вероятностей в столбце.

Если известно начальное распределение вероятностей, тождественное начальному распределению относительной концентрации проходных частиц в материале, то уравнение (2) при известной матрице (4) полностью описывает кинетику процесса, в том числе извлечения проходной фракции под сито.

Наглядное представление о процессе, определяющее также способ его экспериментального исследования, может дать введение в одну из ячеек меченых проходных частиц – трассера с последующим отслеживанием эволюции его состояния. Пример расчетной эволюции трассера, помещенного в верхнюю ячейку, показан на рис. 2. В конечном счете весь трассер оказывается в коллекторе мелкой фракции, а кинетика его накопления в этой ячейке и есть кинетика извлечения проходных частиц. Выход частиц в коллектор на каждом переходе может быть рассчитан по формуле:

$$q(k) = S_m^{k+1} - S_m^k = S_{m-1}^k v_f, \quad (5)$$

а кинетика его накопления (кинетика извлечения) рассчитывается как:

$$\epsilon(k) = \sum_{k=1}^k q(k). \quad (6)$$

Равенство (5), пересчитанное на время процесса, одновременно описывает распределение времени пребывания частиц трассера в слое. График этого распределения, рассчитанного при тех же параметрах, что и на рис. 2, показан на рис. 3.

Для этого распределения могут быть рассчитаны все его моменты, которые впоследствии при наличии экспериментального распределения и его моментов могут быть использованы для идентификации параметров модели. В частности, среднее время пребывания частиц трассера в слое и его дисперсия рассчитываются по формулам:

$$\langle t \rangle = \sum_{k=1}^{\infty} t_k q(k), \quad (7)$$

$$\sigma^2 = \sum_{k=1}^{\infty} (t_k - \langle t \rangle)^2 q(k). \quad (8)$$

На рис. 4 показан пример результатов расчета кинетики извлечения проходовой фракции по разработанной модели. Кривые 1, 2, 3 различаются вероятностями прохождения частиц сквозь сито. Величина этой вероятности значительно влияет на кинетику извлечения. Кривые 2, 2а и 2б различаются величиной дисперсионного коэффициента и показывают, что влияние этого параметра на кинетику извлечения гораздо меньше, чем влияние вероятности прохождения через сито.

Для экспериментальной проверки предложенного описания были выполнены опыты по грохочению бинарных смесей частиц с разной крупностью проходовой фракции на лабораторном стенде, описанном в [2, 3]. При размере ячейки сита 2 мм грохочению подвергалась смесь фракции +3 и -1,6 мм (трудные частицы) и смесь фракции +3 и -0,8 мм. В обоих случаях содержание проходовой фракции в смеси составляло 40%.

На рис. 5 показаны опытные данные по кинетике извлечения, а также кинетические кривые, рассчитанные по модели. Параметры модели подбирались по кинетике извлечения фракции -0,8 мм. При переходе к описанию извлечения фракции -1,6 мм достигнуто удовлетворительное совпадение расчетных и опытных данных только варьированием вероятности прохождения через сито при сохранении переходных вероятностей, относящихся собственно к слою материала на грохоте. Последнее свидетельствует о том, что параметры стохастического движения частиц над ситом слабо зависят от размеров фракций, наиболее существенное влияние оказывают условия прохождения частиц через сито.

Таким образом, предложенная ячеечная модель, основанная на теории цепей Маркова, позволяет эффективно моделировать кинетику грохочения и ее связь с параметрами процесса, используя ясный и простой алгоритм построения модели.

Список литературы

1. Машиностроение. Энциклопедия. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств. Т. IV-12 / Под общ. ред. М.Б. Генералова. М.: Машиностроение, 2004. С. 160-179.
2. Федосов С.В., Мизонов В.Е., Огурцов В.А. Моделирование классификации полидисперсных материалов на виброгрохотах // Строит. материалы. 2007. № 11. С. 26-28.
3. Огурцов В.А. Стохастическая модель распределения проходвых частиц в слое сыпучего материала при виброгрохочении // Строит. материалы. 2007. № 11. С. 38-39.
4. Berthiaux H., Mizonov V. Applications of Markov Chains in Particulate Process Engineering: A Review // The Canadian Journal of Chemical Engineering. 2004. V. 85. No. 6. Pp. 1143-1168.

Международная научно-практическая конференция

«Высокотемпературные материалы и технологии в XXI веке»

12-13 ноября 2008 г.

Москва

Конференция посвящается 75-летию факультета химической технологии силикатов
Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева.

Факультет химической технологии силикатов РХТУ им. Д.И. Менделеева основан в 1933 г. и является кузницей кадров для силикатной и других отраслей промышленности. За годы работы на факультете подготовлено более 5500 инженеров в области тугоплавких неметаллических и силикатных материалов, в том числе более 400 специалистов для стран Европы, Азии, Африки и Америки; защищено около 500 кандидатских и более 100 докторских диссертаций.

Учеными факультета впервые получены и внедрены в промышленность такие материалы, как карбонатные,

гидротехнические и новые виды расширяющихся и напругающих цементов, ангидритовый цемент, алюмомагнезиальные стекла, пеностекло, микролит, ситаллы и шлакоситаллы, сигран, новые виды оксидной и бескислородной керамики, карбидкремниевые и хромитлантановые нагреватели, высокоэффективные композиционные материалы и др.

В 2007 г. по решению ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева факультет преобразован в Институт высокотемпературных материалов и технологий.

Тематика конференции:

- современное состояние и перспективы развития науки, технологии и производства высокотемпературных материалов;
- экологические проблемы силикатной промышленности и пути их решения;
- совершенствование подготовки специалистов для силикатной промышленности.

Требования к оформлению заявки и доклада на сайте <http://www.muctr.ru/news/detail.php?ID=3341>.

Организаторы конференции: Российская академия наук, Российская инженерная академия, Российское химическое общество им. Д.И.Менделеева, Международная академия керамики, РХТУ им. Д.И.Менделеева.

Председатель оргкомитета: академик РАН, президент РХТУ им. Д.И.Менделеева **П.Д. Саркисов**

Адрес оргкомитета: 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20, корп. 3, ИВМТ.
Тел.: (495) 495-39-57, 496-92-38, e-mail: sivkov@rctu.ru

А.В. ПОЛУГРУДОВ, канд. техн. наук, Г.И. ГЛУХИХ, инженер,
ООО НПО «АкмеТехнология» (Новосибирск)

Использование мельниц ударного типа для измельчения минерального сырья

Одним из основных процессов производства минерального сырья для различных строительных материалов является измельчение. Практически любое минеральное сырье, извлекаемое из недр земли, проходит одну или несколько стадий дробления и измельчения, прежде чем стать исходным компонентом для составления всевозможных компаундов, используемых в строительных и отделочных материалах.

Современные технологии строительства с каждым годом предъявляют все более высокие требования к используемым строительным материалам по части их технологических и функциональных характеристик. Технологии создания современных стройматериалов, в свою очередь, предъявляют новые требования к используемому сырью. Например, на совершенно новый уровень выходит такое качество, как форма зерна минерального наполнителя различных строительных смесей и отделочных материалов. Причем технологические требования к разным материалам определяют не только фракционный состав смеси, но и геометрические формы зерен различных компонентов. Таким образом, при проектировании или реконструкции производства минеральных компонентов, подразумевающего использование процессов измельчения, следует обращать внимание не только на способность помольного оборудования эффективно измельчать компоненты, но и на способность данного оборудования в процессе измельчения получать частицы определенной формы.

Проведено большое количество исследований по дроблению и измельчению минеральных компонентов в различных режимах помола. Подавляющее число результатов проведенных работ свидетельствует о том, что при использовании измельчительных устройств

ударного типа можно получать материал с формой частиц, максимально приближенных к кубовидной форме. Однако основным преимуществом помола хрупких материалов в ударном режиме является его высокая эффективность и сравнительно низкие удельные энергозатраты.

В рамках представленной работы были проведены сравнительные испытания помола мраморной крошки на двух типах мельниц. Одной из них являлась давно известная и широко используемая в производстве вибромельница ВМ-200. В качестве мельницы ударного типа использовалась роторная мельница МР-4. Конструктивно роторная мельница (см. рисунок) состоит из опорной рамы 1, корпуса 2, в котором на двух подшипниковых узлах во встречном направлении вращаются два ротора – внутренний и наружный. На внутреннем роторе радиально расположены разгонные лопатки, на которые крепятся износостойкие накладки. На наружном роторе под углом к радиусу расположены отражательные лопатки, на которые крепятся износостойкие сменные накладки. Исходный материал дозированно подается во впускной патрубок 3, через который поступает в центральную часть внутреннего ротора. За счет центробежных сил внутренним ротором материал разгоняется и отбрасывается на наружный ротор, вращающийся во встречном направлении. Скорость соударения материала с отражательным элементом наружного ротора, в зависимости от среднего диаметра роторов, составляет 60–80 м/с. Получаемой материалом кинетической энергии хватает для полного разрушения большинства из используемых в ПСМ минерального сырья. Измельченный материал с потоком воздуха выгружается через выпускной патрубок 4.

Таблица 1

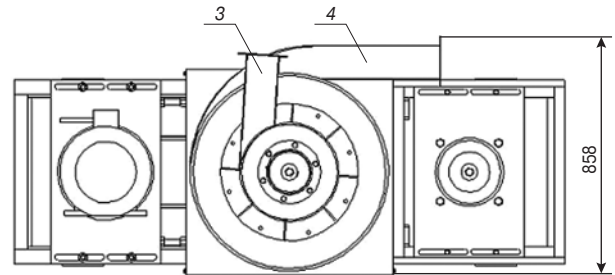
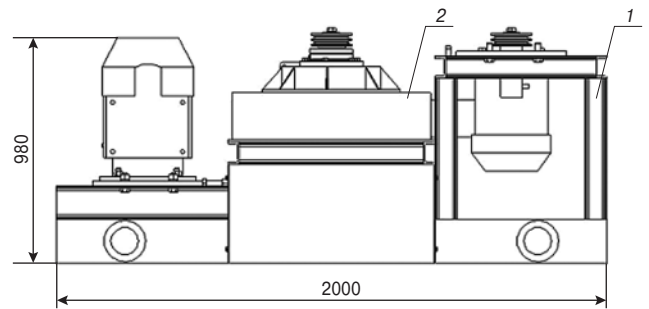
Наименование материала, способа помола	Производительность, кг/ч	Распределение материала, %, по классам крупности, мм								
		–0,05	+0,05 – 0,1	+0,1 – 0,2	+0,2 – 0,32	+0,32 – 0,5	+0,5 – 1	+1 – 2	+2 – 5	+5
Исходный материал		10,8	15,9	4	8	5,6	21,9	9,6	22,5	1,7
Результаты помола на ВМ-200										
Стержневой помол	1200	23,2	40,3	8,7	13,6	7,7	6,5	–	–	–
Комбинированный помол	500	38	38,7	7,5	9,9	4	1,9	–	–	–
Тонкий помол, I стадия	500	60,1	28,2	11,7	–	–	–	–	–	–
Тонкий помол, II стадия	500	79,9	18,3	1,8	–	–	–	–	–	–
Результаты помола на МР-4										
Одностадийный помол	1000	66,2	24,5	4,9	1,8	1,2	0,4	–	–	–

Таблица 2

Способ помола	Распределение материала, %, по классам крупности, мкм				
	-10	+10 – 20	+20 – 30	+30 – 40	+40 – 50
Тонкий помол на ВМ-200, I стадия	3,2	15,2	27,6	24	30
Одностадийный помол на МР-4	16,8	27	26,6	20,4	9,2

Результаты ситового анализа измельченных материалов приведены в табл. 1. Как показывает сравнительный анализ результатов, измельчение исходной мраморной крошки до крупности менее 100 мкм на вибромельнице ВМ-200 достигается только в результате использования двухстадийного помола. На первой стадии используется стержневой помол, на второй — шаровый (тонкий). Только такой вариант организации помола позволяет произвести измельчение крошки исходной крупностью до 5 мм, до среднего размера частиц менее 100 мкм. Использование в качестве измельчителя мельницы ударного типа (роторной мельницы МР-4) позволяет за одну стадию помола получать продукт необходимого качества. Практически весь материал (более 90%) при помоле переходит во фракцию менее 100 мкм.

Был проведен также гранулометрический анализ фракций менее 50 мкм. Результаты анализа приведены в табл. 2. Для анализа были взяты фракции менее 50 мкм после тонкого помола первой стадии на вибромельнице ВМ-200 и после одностадийного помола на роторной мельнице МР-4. Как видно из результатов при использовании ударного принципа помола на роторной мельнице МР-4, распределение материала по крупности



Общий вид мельницы роторной МР-4

смещается в более тонкую область, увеличивается относительное количество частиц крупностью до 20 мкм.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что измельчение в ударном режиме на роторной мельнице МР-4 оказывается намного эффективнее помола в вибромельнице. Несмотря на это, широкого распространения роторные мельницы не получили в связи с их сложной конструкцией, повышенными требованиями к настройке, эксплуатации, качеству исходного материала и пр.



ТЕХНОЛОГИЯ
АКМЕ

От замысла до производства

Разработка, изготовление и ввод в эксплуатацию оборудования и производственных комплексов по выпуску тонкодисперсного сырья

ООО НПО «АкмеТехнология» – научно-производственная инновационная компания предлагает:

- вибромельницы • роторные мельницы • классификаторы воздушные • сушилки барабанные.

Вибромельница ВМ-200 предназначена для измельчения (сухого или мокрого) сыпучих материалов в непрерывном режиме. Конструкция мельницы отличается простотой и надежностью. В качестве мелющих тел используются стержни или шары.

Технические характеристики

Производительность, кг/ч, не более.....	1500
Крупность исходного материала, мм, не более.....	10
Тонина помола:	
– стержневой	75%, менее 0,2 мм
– комбинированный	80%, менее 0,1 мм
– тонкий	95%, менее 0,063 мм
Потребляемая мощность, кВт	12–18
Габаритные размеры (длина/ширина/высота), мм.....	2480/1000/1680
Масса с мелющими телами, кг	2230
Стоимость (в зависимости от комплектации), тыс. руб.....	348–400

Области применения вибромельницы ВМ-200

- Истирание материалов и пигментов для лакокрасочного производства
- Измельчение строительных материалов и компонентов для сухих смесей
- Истирание, смешение и гомогенизация многокомпонентных составов
- Домол цемента, повышение их марки

Вибромельница ВМ-200 – исключительная надежность

ООО НПО «АкмеТехнология»
Россия, 630090, Новосибирск, ул. Институтская, 3, оф. 163
Тел./факс: (383) 333-20-44, 330-88-01 E-mail: akme@akmetech.ru www.akmetech.ru



Реклама

В.Г. КУЗНЕЦОВ, президент, Т.Н. НОВИКОВА, генеральный директор,
И.П. КУЗНЕЦОВ, начальник отдела маркетинга и сбыта, ООО «Ас-Тик КП» (Москва)

Снижение производительности карьерного оборудования за счет налипания горной породы

Опыт эксплуатации шагающих экскаваторов-драглайнов на карьерах России, стран СНГ и дальнего зарубежья свидетельствует, что их цикловая техническая производительность значительно уменьшается за счет интенсивного налипания вскрышных горных пород к внутренней поверхности ковша.

С каждым циклом транспортируемая горная порода нарастает на ранее налипшую, в результате чего уменьшается вместимость ковша, увеличивается время его встряхивания и существенно снижается его выносная способность.

С учетом налипания горных пород в ковше и времени его встряхивания техническая производительность P_t экскаватора определяется по формуле:

$$P_t = 60 \left(Q - \int_1^N Q_n dN_t \right) \frac{N_t}{1 + T_b/T_{ц}} K_p^{-1} \cdot K_n,$$

где Q – геометрическая вместимость ковша, m^3 ; Q_n – объем налипшего грунта в ковше за цикл работы драглайна, m^3 ; N_t – число циклов, $мин^{-1}$; $T_{ц}$ – продолжительность цикла, $с$; T_b – продолжительность встряхивания ковша для удаления налипшего грунта, $с$; K_p – коэффициент разрыхления грунта; K_n – коэффициент наполнения ковша.

Аналогично при эксплуатации карьерного автотранспорта на липких породах его фактическая грузоподъемность значительно ниже паспортной из-за налипания транспортируемых пород на стенки и днище кузовов.

Техническая производительность Q_t карьерного автотранспорта с учетом налипания грунта на стенки и днище кузова определяется по формуле:

$$Q_t = Q_n \frac{T_{см}}{T_p} \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Q_{фи}}{Q_a} K_p^{-1} \cdot K_n, \text{ т/смена,}$$

где Q_n – паспортная грузоподъемность автосамосвала, $т$; $T_{см}$ – длительность смены, $ч$; T_p – длительность рейса автосамосвала, $ч$; n – число рейсов автосамосвала за время рабочей смены; $Q_{фи}$ – фактическая грузоподъемность автосамосвала во время i -о рейса, $т$; Q_a – максимальная грузоподъемность автосамосвала, $т$; K_p – коэффициент разрыхления грунта; K_n – коэффициент наполнения кузова.

Исследованиями, выполненными специалистами ООО «Ас-Тик КП» на действующих экскаваторах в различных горно-геологических условиях, установлено, что максимальный слой налипших пород составляет 25–30 см и сосредоточивается в основном на задней стенке ковша, а объем налипшей породы составляет 15–35% от его расчетной вместимости. Ковш с налипшей породой усложняет дальнейший процесс экскавации, что требует поиска эффективных путей решения проблемы. Обследования ряда карьеров с преобладанием рыхлых вскрышных пород показали, что из-за интенсивного налипания к стенкам и днищу кузовов карьерных автосамосвалов коэффициент использования грузоподъемности машин слишком низок и составляет 0,74–0,88. Установлено, что при транспортировании вскрышных пород с повышенным содержанием глинистых включений уже после первого рейса 75- и 110-тонных карьерных автосамосвалов БелАЗ в их кузовах остается значительный объем невыгруженной породы (около 20% от объема кузова), а с увеличением числа рей-

сов количество невыгруженного грунта, особенно в зимний период работы, возрастает до 40–50%.

В этой связи решение проблемы борьбы с налипанием вскрышных липких пород на стенки ковшей экскаваторов, стенки и днище кузовов карьерных автосамосвалов является актуальной народнохозяйственной задачей.

В горнодобывающей промышленности США и Германии для защиты от налипания пород к внутренним поверхностям ковшей шагающих драглайнов и кузовов автосамосвалов эффективно используются листовые полимерные полосы, применение которых в ковше вместимостью 9 m^3 позволило снизить продолжительность простоев из-за налипания глины с 23 до 3 ч в месяц, а на ковшах вместимостью 13 и 80 m^3 получить экономический эффект в размере около 1 млрд USD/год. Ранее вместимость ковшей 80 m^3 из-за интенсивного налипания пород использовалась лишь на 35%, а нарост, образующийся в ковшах драглайнов, удалялся экскаватором с обратной лопатой [1].

Другим примером использования полимерных пластин является их применение в качестве настилов днища автосамосвалов [2], что облегчает разгрузку липких пород и увеличивает устойчивость к абразивному изнашиванию самого настила.

С целью уменьшения налипания ООО «Ас-Тик КП» рекомендует использовать полимерные противоналипающие футеровочные пластины повышенной износостойкости и ударопрочности (ППФП ПИУ) и высокой износостойкости и ударопрочности (ППФП ВИУ).

ППФП-Астики (ОИ, ПИУ и ВИУ) выпускаются по ТУ 2246-001-22711279–2008 и для конкретных эксплуатационных условий предприятий подбираются по методике ООО «Ас-Тик КП» [3]. Опытно-промышленное внедрение ППФП-Астики (ПИУ и ВИУ) позволило увеличить производительность экскаватора-драглайна на 12%, а грузоподъемность автосамосвала – на 15%.

В настоящее время ООО «Ас-Тик КП» оформляет техническую документацию на выпуск широкого модуля полимерных противоналипающих футеровочных вкладышей (ППФВ) для их оперативной установки в ковшах экскаваторов-драглайнов емкостью 6; 10; 11; 15; 20; 40 m^3 и более, работающих в увлажненных вскрышных забоях. Одновременно ведутся работы по созданию аналогичного модуля вкладышей для их установки в ковшах карьерных экскаваторов емкостью 5; 8; 12 m^3 и кузовах автосамосвалов грузоподъемностью 27; 40; 75 и 110 т.

Список литературы

1. Кузнецов В.Г., Кочетов Е.В., Мордухович И.Л. Увеличение технической производительности шагающих драглайнов за счет уменьшения налипания грунта в ковшах // Уголь. 1989. № 11. С. 31–32.
2. Жуков В.П., Кузнецов В.Г., Россихин Г.В., Ильченко С.В. Пути повышения грузоподъемности карьерного автотранспорта за счет уменьшения налипания грунта // Промышленность строительных материалов Москвы. 1992. № 9. С. 2–6.
3. Кузнецов В.Г., Кузнецов И.П. Определение толщины полимерной противоналипающей футеровочной пластины для различных условий эксплуатации оборудования // Строит. материалы. 2007. № 5. С. 13–14.



ООО «Ас-Тик КП»

ПОСТАВКА ПОЛИМЕРНЫХ ПРОТИВОНАЛИПАЮЩИХ ФУТЕРОВОЧНЫХ ПЛАСТИН
ДЛЯ ЭКСКАВАТОРНОГО, ТРАНСПОРТНОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Проблема налипания материала на рабочие поверхности оборудования решена!



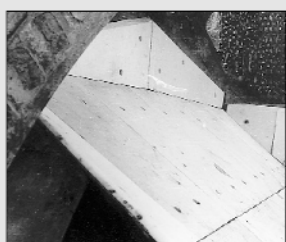
Противоналипающие полимерные футеровочные пластины-Астики (ППФП-Астики) – эффективное средство борьбы с налипанием различных материалов на рабочие поверхности экскаваторного, транспортного и технологического оборудования.

ППФП-Астики обладают:

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

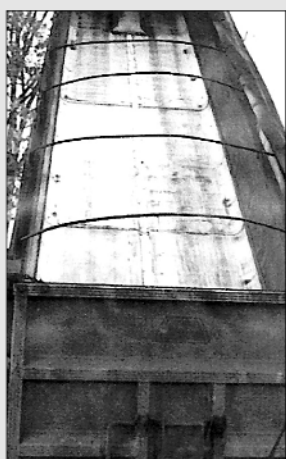


ППФП-Астики выпускаются по ТУ 2246-001-22711279-2008 различных размеров, технологичны, надежны в эксплуатации.



Эффективность **ППФП-Астики (ОИ, ПИУ и ВИУ)** подтверждается долговременной успешной эксплуатацией в качестве облицовки рабочих поверхностей:

- бункеров для хранения огарков, приемных бункеров гипса, гранул, чаш грануляторов, циклонов и др. – на предприятиях цементной промышленности России: ОАО «Себряковцемент», ОАО «Новоросцемент», ОАО «Осколцемент», ОАО «Ангарскцемент», ОАО «Магнитогорский ЦОЗ»; Республики Молдова: «Lafarge Ciment (Moldova)» S.A.;
- весовых бункеров-дозаторов и бункеров отечественного и импортного производства на предприятиях керамической промышленности России: ЗАО ПКФ «Воронежский керамический завод», ОАО «Завод керамических изделий» (г. Екатеринбург);
- перегрузочных узлов, приемных бункеров, плужковых сбрасывателей 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».



В настоящее время осуществляется опытно-промышленное внедрение **ППФП-Астики (ОИ и ПИУ)** в ЗАО «Ковровский завод силикатного кирпича», ЗАО «Борисовское стекло», ОАО «Гипсополимер» и др. (Россия), ТОО «Силикат» (Казахстан), ЗАО «Рыбницкий цементный комбинат» (Молдова, Приднестровье).

ООО «Ас-Тик КП» осуществляет на договорных условиях поставки ППФП-Астики (ОИ, ПИУ и ВИУ), а также оказывает необходимые консультации, связанные с выбором ППФП-Астики для конкретных условий эксплуатации технологического оборудования и их эффективным внедрением в производство.

ООО «Ас-Тик КП»
Тел./факс: (495) 718-48-12

Телефон: (495) 236-07-68
E-mail: astik_kp@mail.ru

УДК 622.002.5

А.А. САНДУЛЯК, канд. техн. наук, А.В. САНДУЛЯК, д-р техн. наук, М.Н. ПУГАЧЕВА, В.А. ЕРШОВА, инженеры, Московский государственный технический университет (МАМИ)

Магнитостатические очистные аппараты (гребенчатые сепараторы): базовые характеристики рабочих зон

Проблема удаления из сыпучих и жидких сред (полевой шпат, кварцевый песок, каолин, глина, мел, полимерное сырье, шликер, глазурь и пр.) ферропримесей, снижающих качество этих сред и повышающих риски повреждений и поломок оборудования, касается различных производств, в том числе строительных и отделочных материалов. Эти примеси как неизбежный сопутствующий фактор любого производства появляются

из-за коррозии оборудования (особенно после остановок и простоев), интенсивного износа его элементов, усиливающегося при осуществлении дробления и размола. К тому же такую неблагоприятную ситуацию с подобного рода загрязнением сред существенно усугубляют выбросы ферропримесей и даже ферропредметов в эти среды после проведения ремонтных и обслуживающих (связанных с механическими и сварочными работами) операций.

Эффективному решению этой проблемы способствуют широко используемые устройства (сепараторы), работа которых основана на общеизвестном явлении магнитного улавливания ферропримесей под влиянием магнитного поля. При этом такое явление в той или иной мере демонстрирует любое, даже не имеющее достаточной технической и технологической проработки, магнитное очистное устройство – как по захвату ферропримесей, так и по накоплению осадка ферропримесей на магнитоактивных осадительных элементах аппарата.

В этой связи зачастую создается видимость достаточности принятия лишь определенных, чисто умозрительных технико-технологических решений, т. е. без соответствующих работ исследовательского плана. Без должного проведения комплекса таких работ и при некоторой поспешности в создании очистных аппаратов можно получить неудачные и даже ошибочные решения (нередко именно так и происходит на практике) в отношении целого ряда аппаратов, в которых недостаточно полно используются потенциальные возможности самого метода магнитного захвата ферропримесей. Прежде всего это касается аппаратов с постоянными магнитами как наиболее предпочитаемых, особенно после создания и широкого промышленного применения высокоэнергетичных магнитов нового поколения, например на основе Nd-Fe-B.

Достаточно сказать, что к настоящему времени, несмотря на все возрастающее применение магнитных очистных аппаратов в промышленности, развернутая информация о характеристиках их рабочих зон прак-

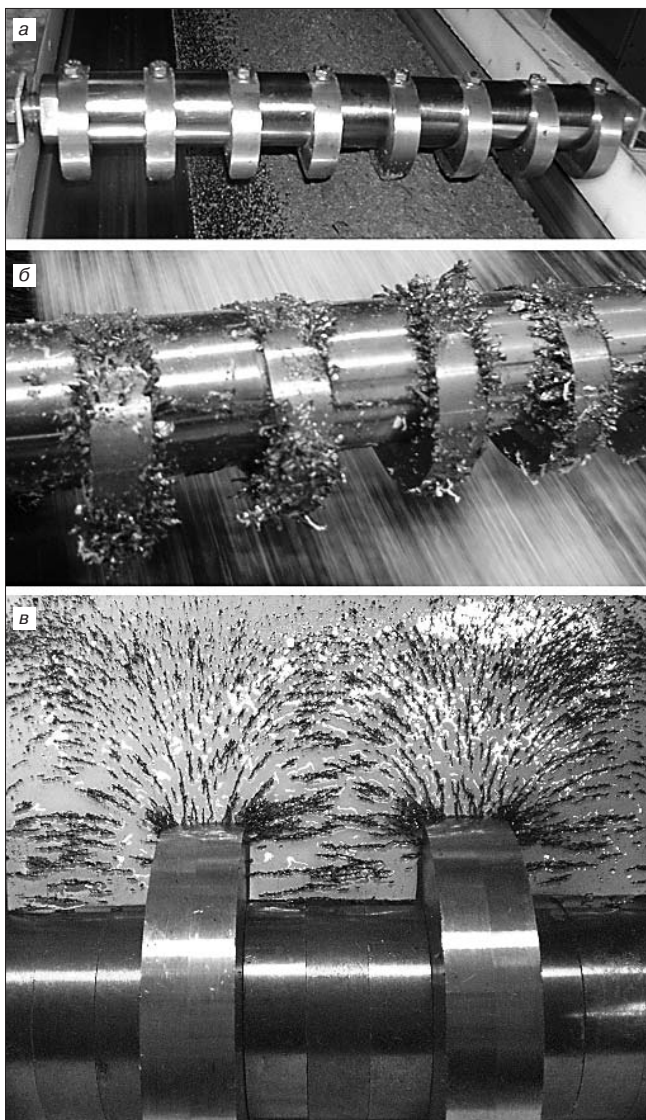


Рис. 1. Гребенчатый магнитный очистной аппарат: а – до эксплуатации; б – в период эксплуатации; в – подвергаемая исследованиям модель аппарата (диаметр и длина магнитного блока 40 и 30 мм, диаметр и толщина полюсного наконечника 68 и 15 мм) с иллюстрацией характерного хода магнитных силовых линий во внутренней области

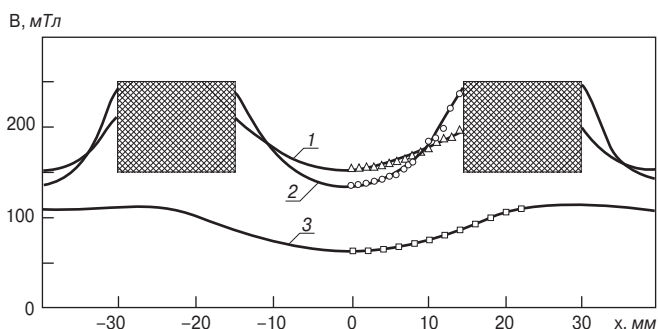


Рис. 2. Продольно-дистанционные зависимости индукции с привязкой к линии симметрии модуля аппарата (рис. 1, в) во внутренней области (кривые 1 и 2 – между полюсными наконечниками) и внешней области (кривая 3): 1 – $y = 7$; 2 – $y = 12$, 3 – $y = 18$ мм

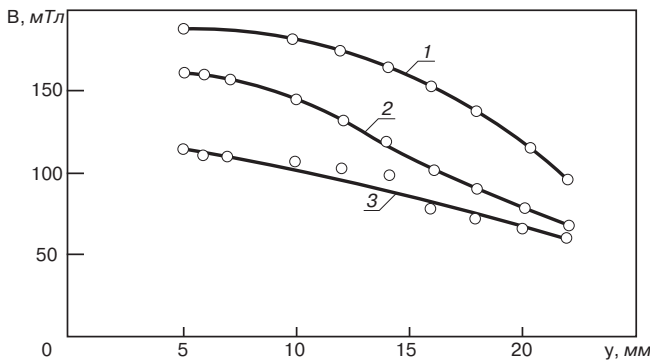


Рис. 3. Радиально-дистанционные зависимости индукции (вдоль линии симметрии модуля с центром на поверхности магнитного блока): 1–3 – длина магнитного блока аппарата (рис. 1, в) соответственно 20, 30 и 40 мм

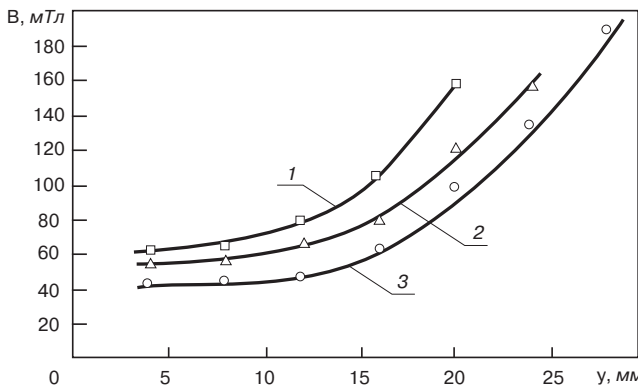


Рис. 5. Путьевые зависимости индукции для трех силовых линий (рис. 1, в), экстремумы которых отстоят от поверхности магнитного блока на расстояниях соответственно 24 мм (1), 28 мм (2) и 31 мм (3); перемещение датчика вдоль этих магнитных силовых линий, начиная с линии симметрии модуля аппарата и заканчивая наружной поверхностью полюсного наконечника

тически отсутствует. Тем более отсутствуют концептуальные способы получения такой информации, относящейся к тому или иному типу очистного аппарата. А существующие распространенные паспортные данные типа «индукция на поверхности» (магнита, полюсного наконечника), «напряженность поля магнитной системы» и т. п. (зачастую чисто рекламные) совершенно недостаточны для характеристики рабочих зон и аппарата в целом.

В настоящей работе делается попытка восполнить этот пробел на примере авторских разработок аппаратов гребенчатого типа, хорошо зарекомендовавших себя в промышленности при очистке различных сыпучих и жидких сред.

Аппарат такого типа состоит из полярно чередующихся магнитных блоков (пронизанных общей осью постоянных магнитов) и разделяющих их полюсных наконечников (коаксиальных или некоаксиальных) несколько увеличенного диаметра (рис. 1). При этом к каждому из полюсных наконечников магнитные блоки обращены одноименными полюсами, создавая тем самым по длине аппарата цепочку магнитных контуров противоположной друг к другу направленности.

Предварительное тестирование значений индукции поля (рис. 2) между смежными полюсными наконечниками и за их пределами дает вполне ожидаемое общее представление о волнообразном изменении индукции вдоль длины аппарата. При этом уровень индукции, соответственно изменяясь по мере удаления x от линии симметрии модуля (рис. 2) убывает по мере удаления y от поверхности магнитного блока. Заметим, что при проведении измерений во внешней области наряду с перемещением измерительного

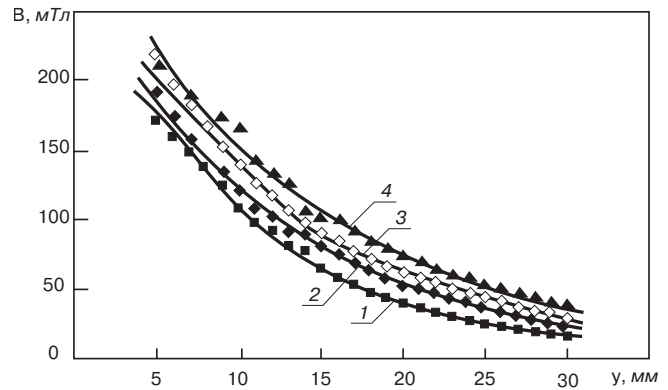


Рис. 4. Радиально-дистанционные зависимости индукции (вдоль линии симметрии полюсного наконечника с центром на его поверхности); длина магнитного блока аппарата соответственно 20 (1), 30 (2), 40 (3) и 50 мм (4)

датчика Холла вдоль определенной шаговой линии параллельной оси аппарата необходимо поворачивать, как это видно из рис. 1, в, на определенный угол. Этот угол должен обеспечивать расположение датчика перпендикулярно фактическому ходу магнитной силовой линии (во внутренней области, как это видно из того же рис. 1, в, такая необходимость отпадает ввиду направления магнитных силовых линий параллельно оси аппарата).

Показательными характеристиками аппаратов такого типа являются кривые изменения индукции в радиальном направлении y вдоль линии симметрии модуля начиная от поверхности магнитного блока (рис. 3) и в радиальном направлении y полюсного наконечника начиная от его поверхности (рис. 4).

На рис. 3 видно, что магнитное поле является достаточно интенсивным не только во внутренней области, т. е. в пределах выступов (рис. 1, в) полюсных наконечников, но и в заметной части внешней области.

Интенсивным является поле и вне полюсного наконечника (рис. 4). При этом примечательным является то, что, судя по близкому к экспоненциальному виду дистанционных зависимостей индукции (рис. 4), наружная часть полюсного наконечника, выступающая здесь лишь проводником магнитного потока, тем не менее создает аналогично полеобразующему магнитному элементу.

Весьма важными характеристиками являются зависимости индукции, полученные при перемещении датчика вдоль самой магнитной силовой линии (путевые зависимости индукции).

Собственно, для внутренней области модуля такие зависимости, судя по практически прямолинейному ходу магнитных силовых линий (рис. 1, в), уже имеются (рис. 2, кривые 1, 2). Что же касается внешней области, то для каждой из множества силовых линий должен быть выбран индивидуальный, присущий только данной силовой линии путь следования датчика, причем в каждой точке измерений датчик должен располагаться нормально силовой линии. Это легко осуществить, если замеры индукции проводить, совместив реальную область замеров с такой же по размерам фотокопией предварительно полученного хода силовых линий.

На рис. 5 показаны такие путьевые зависимости индукции, полученные для трех магнитных силовых линий, экстремумы которых отстоят от поверхности магнитного блока длиной 30 мм (рис. 1, в) на расстояниях соответственно 24, 28 и 31 мм. Такая линейная развертка данных индукции в зависимости от длины дуги магнитной силовой линии позволяет при необходимости находить соответствующий градиент индукции для последующего определения «тягового» (вдоль силовой линии) силового фактора как одного из ключевых параметров, ответственных за захват феррочастиц из потока.

УДК 553.3+553.041+553.52 :628.5(470.22)

Л.С. СКАМНИЦКАЯ, старший научный сотрудник,
Т.П. БУБНОВА, научный сотрудник, Институт геологии
Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Республика Карелия)

Изучение возможностей использования отходов щебеночных карьеров в качестве природных минеральных фильтров

Блочный камень, щебень, песок и гравий среди минеральных ресурсов относятся к основному виду общераспространенных полезных ископаемых. На территории Карелии известно 78 месторождений и 219 проявлений блочного камня различного генеза. Балансовые запасы основных и ультраосновных магматических пород составляют 27,2%, кварцитов – 1,3%, мраморов – 26,2%, сланцев – 0,4. Запасы пород, пригодных для производства щебня различного качества по категории А + В + С₁, составляют более 1 млрд м³ [1].

Около 62% объема годовой добычи строительного камня приходится на магматические породы кислого и среднего состава – граниты, гнейсограниты, сиениты, геллефлинты и др. Широко используются основные и ультраосновные породы (габбро-диабазы, диабазы, габбро-амфиболиты, амфиболиты и пр.), кварциты и кварцитопесчаники и карбонатные породы. При этом их переработка не включает глубокого обогащения, получение материала различных фракций сводится к дроблению и рассеву исходной горной породы. При этом в отвалы (фракция мельче 5 мм) уходит значительная часть материала. В настоящее время имеется 53 месторождения, объем добычи горных пород на щебень в 2004 г. составил 3,4 тыс. м³; количество отсевов – 0,5 тыс. м³; стоимость – 30–100 р./т; выход фракции 0,5–2 мм – 30–50%, или 0,2 тыс. м³.

В настоящее время активно используются мелкие фракции из отсевов гранитных и мраморных щебеночных производств. Так называемая гранитная крошка представляет собой мелкий гранитный щебень размером 2–5 мм. Используется при производстве тротуарной плитки, наливных полов, в декоративной отделке. Спектр применения мраморной крошки несколько шире – помимо вышеуказанных областей ее используют в фильтрах на фильтровальных станциях питьевого водоснабжения, в производстве высококачественного белого цемента и наполнителей для сухих строительных смесей, бумаги, пластмасс и красок.

В связи с возрастающими требованиями к качеству очистки воды, повышению эффективности действующих фильтровальных предприятий возникает необходимость изыскания эффективных и доступных фильтрующих материалов, которые могли бы стать альтернативой традиционной кварцевой крупке. С целью расширения областей использования отходов щебеночных производств нами выполнена работа по изучению возможностей использования мелких фракций некоторых объектов и производств Республики Карелия (табл. 1) в качестве природных минеральных сорбентов.

Изучение свойств природных фильтрующих материалов по выбранным объектам выполнено в соответствии с ГОСТ Р 51641–2000 «Материалы фильтрующие зернистые» на ма-

Таблица 1

Генетический тип	Порода	Месторождение	Примечание
Магматический	Габбро-диабаз	Голодай-гора	Разрабатывается
	Габбро-диабаз	Суна	Готовится к разработке
	Гнейсогранит	Серый карьер	Разрабатывается
Вулканогенный	Геллефлинта	Костомукша	Разрабатывается
Метаморфический	Амфиболит	Рихимяки	Готовится к разработке

Таблица 2

Месторождение		Остаток на сите, мас. %						Содержание зерен лещадной формы, %
		2	1,6	1,25	0,8	0,5	0,25	
Голодай-гора	Частный	44,73	4,82	14,92	14,49	20,6	0,44	4,26
	Полный	44,73	49,55	64,47	78,96	99,56	100	
Суна	Частный	24,09	3,22	15,28	20,1	36,1	1,21	6,52
	Полный	24,09	27,31	42,59	62,69	98,79	100	
Серый карьер	Частный	25,11	4,46	19,04	17,42	33,16	0,81	6,9
	Полный	25,11	29,57	48,61	66,03	99,19	100	
Костомукша	Частный	34,8	4,4	14	13,6	32,4	0,8	25
	Полный	34,8	39,2	53,2	66,8	99,2	100	
Рихимяки	Частный	27,75	3,69	20,91	11,89	35,35	0,41	15
	Полный	27,75	31,44	52,35	64,24	99,59	100	

Таблица 3

Объект	Удельная активность, Бк/кг								A _{эфф.м}
	Ra-226		Th-232		K-40				
	Активность	α_1	Активность	α_2	Активность	α_3	Активность	Δ	
Голодай-гора	6	13	4	391	57	6	77	9	86
Рихимяки	6	3	10	3	340	51	48	7	55
Серый карьер	4	4	12	4	637	95	74	10	83
Суна	5	5	7	4	117	25	24	7	31
Костомукша	0	3	0	3	211	32	18	6	24

Примечание. α_1, α_2 – погрешности гамма-спектрометра; Δ – абсолютная погрешность определения значений A_{эфф.м}.

Таблица 4

Месторождение	Истинная плотность, г/см ³	Насыпная плотность, г/см ³	
		до уплотнения	после уплотнения
Голодай-гора	3,03	1,55	0,895
Рихимяки	2,72	1,353	0,91
Серый карьер	2,69	1,344	0,905
Суна	3,02	1,414	0,91
Костомукша	2,68	1,324	0,88

Таблица 5

Месторождение	Масса материала, прошедшая через сито 0,5 мм, но оставшаяся на сите 0,25 мм, %				
	1	2	3	4	5
Измельчаемость					
Голодай-гора	0,22	0,13	0,08	0,31	0,11
Рихимяки	0,13	0,07	0,12	0,05	0,09
Серый карьер	0,09	0,1	0,05	0,17	0,06
Суна	0,14	0,08	0,1	0,06	0,14
Костомукша	0,10	0,28	0,2	0,35	0,13
Истираемость					
Голодай-гора	0,06	0,04	0,15	0,03	0,01
Рихимяки	0,06	0,04	0,08	0,05	0,05
Серый карьер	0,03	0,02	0,02	0,03	0,08
Суна	0,06	0,04	0,01	0,04	0,02
Костомукша	0,05	0,06	0,05	0,02	0,06

Примечание. 1 – материал после определения химической стойкости в растворе соляной кислоты; 2 – материал после определения химической стойкости в растворе гидроокиси натрия; 3 – материал после определения химической стойкости в растворе хлористого натрия; 4 – материал после определения химической стойкости в растворе гипохлорита кальция; 5 – материал после определения химической стойкости в дистиллированной воде.

териале крупностью 0,5–2 мм. Для оценки соответствия фильтрующих материалов из исследуемых горных пород выполнены определения технических характеристик:

- гранулометрический состав и содержание пластинчатых (лещадных) зерен (табл. 2);
- содержание зерен лещадной формы наибольшее у геллефлинты месторождения Костомукша; характерно, что повышенным содержанием лещадных зерен отличается и получаемый на Костомукшском ГОК щебень; вероятно, это следствие специфики происходивших здесь геологических процессов;
- суммарная удельная эффективная активность естественных радионуклидов (табл. 3);
- плотность пород (табл. 4);
- физико-механические показатели (табл. 5); норма соответствующих показателей по ГОСТ Р 51641–2000 4 и 0,5%;

- радиологические показатели водной вытяжки (табл. 6); водные вытяжки из минеральных концентратов сравнимы со значениями для дистиллированной воды; все значения удельных активностей находятся в пределах погрешности гамма-спектрометра;
- гидравлические характеристики (табл. 7).

Изученные фильтрующие материалы, полученные дроблением и рассевом ряда горных пород и промышленных минералов Карелии, обладают лучшими технологическими свойствами по сравнению с речным кварцевым песком Погранского месторождения [2]; пористость загрузок из дробленых материалов составляет 51,2–59,7% по сравнению с 39% у песка; коэффициент формы зерен 1,293–1,847 против 1,17 у эталона; плотность 1,334–2,002 г/см³ сравнима с песчаной загрузкой 1,65 г/см³.

Исследованные материалы рекомендуется применять для нижнего слоя двухслойных загрузок скорых

Таблица 6

Объект	Удельная активность, Бк/л					
	Ra-226		Th-232		K-40	
	Активность	α_1	Активность	α_2	Активность	α_3
Голодай-гора	2	5	1	5	0	17
Рихимяки	3	5	0	5	0	17
Серый карьер	2	5	0	5	0	17
Суна	5	5	0	17	0	17
Костомукша	2	5	0	5	0	17

Таблица 7

Показатель	Объекты					
	Костомукша	Серый карьер	Рихимяки	Суна	Голодай-гора	
Средняя пористость фильтрующих загрузок из горных пород, %						
d = 0,9 мм	56,3	55,4	53	52	54,1	
d = 1,25 мм	54,1	51,9	53,7	52,9	52,4	
Расчетные значения коэффициента формы зерна						
d = 0,9 мм	1,582	1,735	1,617	1,293	1,545	
d = 1,25 мм	1,693	1,709	1,891	1,598	1,599	
Гидравлическая крупность зерен загрузки, см/с						
Диаметр зерен, мм	0,5	5,84	5,94	6,47	6,55	7,48
	0,8	8,57	9,29	9,84	10,64	10,87
	1	10,2	11,41	11,41	11,19	12,15
	1,5	11,86	13,7	13,89	13,76	14,22
	2	15	15,79	17,14	18,4	18,87
Плотность, г/см ³		2,68	2,69	2,72	3,02	3,03
Интенсивность подачи промывной воды при 25% расширении слоя, л/с м²						
d = 0,9 мм		21,2	18,4	19,5	23,2	22,3
d = 1,25 мм		26,5	230	27,5	28,5	30

Примечание. d – средний размер зерен, наиболее приемлемый для фильтровальных сооружений с контактным осветлением воды, часто применяемым в практике водоснабжения Северо-Запада России.

фильтров диаметром 0,5–1,5 мм с высотой слоя 0,7–0,8 м. В качестве верхнего слоя могут использоваться дробленые шунгизит, керамзит, антрацит с крупностью загрузки 0,8–2 мм с толщиной слоя 0,5 м. Скорость фильтрования для одноступенчатых схем очистки 4–5 м/ч; при использовании фильтров в двух- и более ступенчатых схемах скорость фильтрования может быть увеличена до 7–10 м/ч.

Время фильтроцикла в одноступенчатых схемах составит не менее 8 ч, в двухступенчатых – 12–24 ч. Интенсивность промывки составит 15–16 л/см², продолжительность 5–7 мин.

При использовании в фильтрах для обезжелезивания воды диаметр загрузки рекомендуется принимать 0,8–2 мм при высоте слоя 1200–1500 мм. При скорости фильтрования 5–7 м/ч и предварительной аэрации воды будет обеспечено снижение концентрации железа в воде не более 0,3 мг/л.

При использовании в контактных осветлителях или предфильтрах с восходящим потоком воды диаметр зерен загрузки должен быть 0,7–2 мм (средний 1–1,3). Высота слоя не менее 2 м. Скорость фильтрования 4–5 м/ч в осветлителях и 5–6 м/ч в предфильтрах.

Продолжительность фильтроцикла не менее 12 ч, промывка водовоздушная в три этапа, как и для крупнозернистых фильтров в схемах обезжелезивания воды.

Таким образом, в связи с тем, что на территории Республики Карелия широко развиты различные комплексы горных пород, часть из них можно рассматривать как перспективные объекты для детального изучения пригодности с целью получения минеральных сорбентов.

Литература

1. Михайлов В.П., Леонтьев А.Г., Голованов Ю.Б. и др. Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Кн. 2. Неметаллические полезные ископаемые. Петрозаводск: Карелия, 2006. 355 с.
2. Скамницкая Л.С., Бубнова Т.П., Евтифеев Ю.П. Определение гидравлических характеристик природных минеральных сорбентов из горных пород и промышленных минералов Карелии // Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных и технических материалов. Материалы III Международной научной конференции. Сыктывкар, 25–27 сентября, 2007. С. 177–178.

Для строительства и ремонта дорог требуются нерудные стройматериалы – щебень, гравий, песок и др. Объемы производства нерудных стройматериалов снизились с 712,6 (1990 г.) до 317 млн м³ (2006 г.), то есть более чем на 50%. Общая протяженность автомобильных дорог в России составляет 890 тыс. км. На 1.01.2006. в РФ зарегистрировано 35 млн единиц автотранспорта. Если все российские машины одновременно выйдут на трассы, то на каждую автомашину придется всего лишь по 25,45 м. Парк автотранспорта увеличивается на 2 млн единиц ежегодно.

В марте 2007 г. в Москве состоялась практическая конференция Федерального дорожного агентства, где В.В. Путин, обращаясь к дорожникам с экранов телемонитора, напутствовал их: «Если куда и надо вкладывать средства, так это в дороги, порты и аэропорты». Участники конференции отмечали, что за прошедшие два года в дорожном хозяйстве произошла настоящая революция. А 2006 г. назвали поворотным. По сравнению с 2005 г. федеральных автотрасс было построено в два раза больше – 395 км, а план на 2007 г. – 500 км. Официально в России около 50 тыс. населенных пунктов (30%) не имеют круглогодичного доступа и отрезаны от внешнего мира зимой, весной и осенью.

В ближайшее время ситуация изменится в лучшую сторону: решается вопрос о передаче городам-миллионникам по 1 млрд р. на строительство дорог. Города с 500 тыс. населения получат из казны по 0,5 млрд р., хотя радикально положение вряд ли изменится. К настоящему времени только 37% федеральных дорог и 24% территориальных соответствуют нормативам. Если решать данную проблему так же, как это делали до сих пор, то к 2010 г. в пригодном состоянии останется не более 15% дорог.

Доля расходов на дорожное хозяйство ВВП Российской Федерации выглядит таким образом:

- за счет федерального бюджета: 2000 г. – 0,7%; 2007 г. – 0,43%; план на 2008 г. – 0,39%;
- за счет средств бюджетов субъектов РФ: 2000 г. – 2,2%; 2007 г. – 0,36%; план на 2008 г. – 0,32%.

Финансирование дорожной отрасли предполагается увеличивать. В первую очередь планируется выделять средства на капиталоемкие объекты. Это автодорога Амур–Чита–Хабаровск, объезд г. Сочи на автодороге М27, «Колыма» в Республике Саха (Якутия), трасса М4 «Дон», подмосковный участок дороги М8 «Холмогоры», кольцевая автомобильная дорога вокруг Санкт-Петербурга.

По международным нормам 1 км шоссейных дорог стоит 1 млн USD. В Санкт-Петербурге строят кольцевую дорогу вокруг города протяженностью 150 км, стоимость которой должна быть порядка 150–160 млн USD. Но за период 2000–2004 гг. было выделено 40 млрд р., или 1,4 млрд USD, а по состоянию на июнь 2005 г. сдано только 30 км дороги, то есть каждый километр дороги обошелся России в 43,3 млн USD. Еще на завершение строительства должны выделить 70 млрд р., и если уложатся в эту сумму, то 1 км дороги в стране в среднем будет стоить 25,3 млн USD. Такая же ситуация со строительством дамбы, стадиона, скоростной дороги Санкт-Петербург–Москва.

Плотность дорог с твердым покрытием на 1 тыс. жителей: в России – 3,7; в США – 23,6; во Франции – 16,6; в Финляндии 13,9 км.

Если в России первый ремонт дорожного покрытия требуется после 3–4 лет эксплуатации, то в Англии, к примеру, этот показатель составляет 18–20 лет.

Следует отметить, что себестоимость дорожного строительства и ремонта в России 2–5 млн р. за 1 км.

Недостаток дорог в России с лихвой компенсируется программами по их строительству, разработанными в отдельно взятых регионах и на федеральном уровне.

Общая протяженность автомобильных дорог в России должна быть не менее 1,5 млн км, поэтому объем выпуска нерудных строительных материалов (щебень, песок) должен быть доведен как минимум до уровня производства 1990 г.

А.С. Чирков, д-р техн. наук (МГГУ)



Производство битумов в России: проблемы и задачи

По развитию нефтебитумного производственного потенциала РФ среди развитых стран мира занимает второе место после США, однако при этом отстает от уровня США в три

раза, но опережает Канаду, занимающую третье место и обладающую 7% мировой мощности производства.

Потенциальные возможности по производству нефтебитумов в РФ относительно мощности первичной переработки нефти достигли уровня США – 3,7%, что выше уровня Франции, Италии, Японии, но значительно ниже относительно потенциальных возможностей Канады и Германии. Удельная мощность производственного потенциала получения нефтебитумов на душу населения в России сравнялась с лучшими достижениями европейских стран, однако в 1,6 раза отстает от уровня США и более чем в 3,5 раза – от уровня Канады.

Поскольку нефтебитум, используемый в качестве связующего вещества при изготовлении асфальтобетон-

ных покрытий автодорог, составляет в среднем 6–8% в получаемой массе асфальтобетона, рассмотренные потенциальные возможности России в сопоставлении с семеркой развитых стран мира свидетельствуют о весьма низком уровне развития дорожного строительства в России при ее огромной относительной всех стран территории. Фактически в реальном производстве в России положение в два раза хуже, так как использование производственной мощности по выработке нефтебитумов составляет менее 50%, тогда как в семерке развитых стран мира производственный потенциал используется на 90–96% (в количественном отношении).

С учетом состояния дорог, качества изготавливаемых асфальтобетонных смесей и получаемых для них вязких нефтебитумов характеристики состояния достигнутого уровня производства и потребления нефтебитумов в России относительно уровня семерки ведущих стран еще более снижаются.

Суммарный производственный потенциал России включает также локальные – отдельно стоящие и входящие в состав дорожных ремонтно-строительных управлений (ДРСУ) и асфальтобетонных заводов (АБЗ) более мелкие установки других министерств и ведомств.

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

– сезонность выработки битумов дорожных марок, связанная с четко определенными периодами выполнения дорожно-строительных работ и порождающая проблемы для непрерывно функционирующих нефтеперерабатывающих предприятий;

– небольшое различие цены битума и сырья и сложность проведения технологических операций с таким высоковязким и низкозастывающим продуктом, как битум; на большей части НПЗ давно физически и морально устарело основное технологическое оборудование;

– неконтролируемый разброс показателей качества поступающего на переработку сырья, так как даже небольшие колебания содержания парафиновых и ароматических углеводородов, асфальтенов и других компонентов оказывают огромное влияние на качество получаемых битумов. Отрицательный вклад в нестабильность сырья вносят и технологические особенности эксплуатации вакуумных колонн: изменения температурного режима, глубины вакуума и др.

Возросший уровень требований потребителя к качеству дорожных, кровельных и других битумных материалов влечет необходимость стабилизации качества сырья. Одним из эффективнейших способов повышения качества товарных нефтепродуктов является компаундирование, но опыта смешения товарных компонентов для получения готовых битумов пока нет. Поэтому теоретически возможно и целесообразно использовать метод компаундирования как для подготовки сырья, так и для модификации свойств уже готовых битумов.

Дорожные битумы российского и зарубежного производства принципиально различаются по качеству, что предопределено различием нормативных требований к этому виду товарной продукции в нашей стране и за рубежом. Практика дорожного строительства в России, состояние дорог даже федерального значения опровергает мнение о безукоризненности существующих требований к дорожным битумам, сформулированных в ГОСТ 22245–90.

Низкие эксплуатационные характеристики материалов, используемых в дорожном строительстве, приводят к тому, что уже на 3–4-й год требуется проведение ремонта дорог, тогда как за рубежом межремонтный период составляет 10–12 лет. Для повышения эксплуатационной надежности дорожных покрытий оказывается достаточно изменить качество дорожного битума.

В настоящее время в зарубежной практике для устройства и ремонта дорожных покрытий при необходимости используют композиционные материалы на основе битума и модификаторов, таких как сера, каучук (полибутадиеновый, натуральный, бутилкаучук, хлоропрен и др.), органомарганцевые компаунды, термопластичные полимеры (полиэтилен, полипропилен, полистирол, этилен-винилацетат, термопластичные полимеры (полиуретан, олефиновые сополимеры, а также блок-сополимеры стирол-бутадиен-стирола (СБС).

В среднем в 2001 г. количество модифицированных битумов, использованных в дорожном строительстве в европейских государствах, составило 7%. Производство битумов, модифицированных полимерами типа СБС, в европейских государствах к 2001 г. возросло в среднем до 50% и составило, например, во Франции 80%, в Германии – 95%, в Испании – 65%, в Бельгии – 80%, в Италии – 100% от всего объема изготавливаемых модифицированных битумов.

В последние годы разработаны и внедрены новые, нетрадиционные битумные технологии, позволяющие производить высококачественные дорожные битумы без стадии окисления, так называемые нефтяные неокислен-

ные битумы (БНН). Это технология производства компаундированных битумов на базе асфальтов пропан-бутановой или бутановой деасфальтизации, производства остаточных и компаундированных дорожных битумов путем глубоковакуумной перегонки мазута, высокосернистой, высокосмолистой нефти. Технология производства компаундированных дорожных битумов из асфальтов пропан-бутановой деасфальтизации внедрена в 1997 г. на ОАО «Уфанефтехим». Технология получения дорожных остаточных битумов и узких масляных фракций глубоковакуумной перегонкой мазута без применения водяного пара внедрена в 2002 г. в г. Нижнекамске.

В настоящее время в мировой практике дорожного строительства давно применяют неокисленные нефтяные дорожные битумы, из которых 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 температурным перепадам. Использование в дорожном строительстве водно-битумных эмульсий, изготовленных на основе неокисленных битумов, и наличие соответствующей техники позволяет производить ремонт и строительство автодорог даже при минусовой температуре, занимаясь производством и реализацией таких эмульсий практически круглый год.

По данным Центрдорконтроля РДА, около 50% ежегодно выпускаемых дорожных битумов не соответствует требованиям нормативных документов, прежде всего ГОСТ 22245–90 «Битумы нефтяные дорожные вязкие».

Нефтеперерабатывающим предприятиям невыгодно дополнительно оборудовать битумное производство на НПЗ специальными охлаждающими системами для снижения температуры готового битума до 150°C вместо 250°C, что давало бы возможность получать битумы с улучшенными эксплуатационными свойствами, перемешивающими устройствами для введения катионных поверхностно-активных веществ (ПАВ), специальными дополнительными емкостями для раздельного хранения битумов различных марок, современной аппаратурой для более строгого регулирования качества битумов и т. п., так как битум по сравнению с другими нефтепродуктами характеризуется низкой стоимостью, мало отличающейся от стоимости самой нефти, и поэтому не является выгодным товаром.

В связи с огромной территорией России и неравномерным размещением на ней нефтеперерабатывающих предприятий в современных условиях транспортные расходы составляют значительную долю в стоимости битумов.

Большинство российских нефтеперерабатывающих заводов не заинтересовано в получении высококачественных битумов, так как НПЗ перерабатывают легкие западносибирские нефти с высоким содержанием светлых нефтепродуктов – до 60%. Светлые нефтепродукты в четыре раза дороже битумов, и именно они определяют экономику нефтеперерабатывающего завода. Повышение качества выпускаемых битумов связано с дополнительными затратами при низком экономическом эффекте. Также свойства большинства западносибирских нефтей не дают возможности выпуска высококачественных битумов.

В своем стремлении к повышению долговечности дорог строители стоят перед дилеммой: покупать битумы за рубежом, при этом транспортные расходы будут весьма велики, или строить специализированные НПЗ по производству битума с использованием в качестве сырья специальной тяжелой нефти. Очевидно, что второй путь предпочтительнее.

В связи с тем, что битум долгое время не считался в нашей стране целевым продуктом нефтепереработки,

совершенствованию технологии его производства не уделяли должного внимания. Перед НПЗ России остро стоит вопрос реконструкции битумных производств.

Только комплексный подход к решению данной проблемы позволит вывести производство битумов на современный уровень и придать производству необходимую гибкость по ассортименту выпускаемой продукции. Такой подход включает:

- улучшение качества сырья для битумного производства за счет оптимизации его группового химического состава, введения активирующих добавок, использования активирующего воздействия энергетических полей, например ультразвука, виброполя;

- оптимизацию работы узла окисления за счет увеличения межфазной поверхности окисления и времени контакта фаз (это достигается не только активированием сырья, но и модернизацией оборудования);

- создание блока компаундирования битума с сырьем с целью расширения ассортимента марок дорожных битумов и исключения отрицательного воздействия утяжеления сырья на качество получаемой продукции;

- создание блока введения полимерных добавок для модифицирования свойств битумов, что позволит организовать производство связующих для строительства автомагистралей I категории;

- автоматизацию технологических процессов;

- внедрение в практику дорожного строительства битумных эмульсий.

Низкое качество дорожных битумов по ГОСТ 22245–90 – неудовлетворительная, недостаточная для условий России трещиностойкость, эластичность, адгезия является одной из главных причин преждевременного разрушения дорожных, мостовых и аэродромных асфальтобетонных покрытий. Это приводит к неоправданно высоким затратам на ремонты, а следовательно, сдерживает развитие сети автомобильных дорог в России с твердым покрытием. Кроме того, плохим качеством дорог обусловлены 25% ДТП, 25% дополнительных расходов по моторесурсу и 30% дополнительного расхода топлива.

Необходимо переработать имеющиеся и разработать новые нормативно-технические документы, регламентирующие требования к дорожным битумам с учетом качественных изменений транспортных нагрузок и конкретных климатических условий. Техническая политика требует пересмотра в области хранения битумов: около 80% их общего объема содержится в подземных стационарных хранилищах, где материал неминуемо обводняется.

Однако Государственная служба дорожного хозяйства Министерства транспорта РФ (Росавтодор) считает, что резко ужесточать действующие в России битумные стандарты на данном этапе преждевременно. Далеко не все НПЗ имеют для этого достаточные финансовые резервы. Прекращение выпуска даже плохих битумов осложнит работу региональных дорожников и отрицательно скажется на финансовой устойчивости самих заводов. В последние годы для

строительства дорог федерального значения было рекомендовано использование битумов, модифицированных полимерами.

С целью улучшения качества нефтебитумов Росавтодор решил централизовать закупки битума у нефтяных компаний. При этом отечественные производители будут уверены в будущей реализации своей продукции, а качество битумов улучшится.


Одним из способов улучшения качества битумов является введение поверхностно-активных веществ (ПАВ). Экономически эффективными модификаторами свойств нефтяных битумов являются те, которые доступны и недороги. С технической точки зрения для создания на основе битумов композиционных материалов с заданным комплексом свойств могут применяться только те модификаторы, которые не разрушаются при температуре приготовления асфальтобетонной смеси; совместимы с битумом при проведении процесса смешения на обычном оборудовании при повышенной температуре; в летнее время повышают сопротивление битумов в составе дорожного покрытия к воздействию сдвиговых напряжений без увеличения их вязкости при температуре смешения и укладки, а также не придают битуму жесткости или ломкости при низкой температуре в покрытии; химически и физически стабильны и сохраняют присущие им свойства при хранении, переработке, а также в реальных условиях работы в составе дорожного покрытия.

Целесообразность применения в составе дорожного асфальтобетона битума с тем или иным видом модификатора, в каждом конкретном случае обосновывается с технической и экономической точки зрения.

В случае внедрения модификаторов в состав нефтебитума необходимо организовать производство, хранение и транспортирование битумов марок БНД с добавками катионных ПАВ в соответствии с проектом ГОСТ Р «Битумы нефтяные дорожные вязкие улучшенные. Технические условия». Эти битумы будут применяться для нижних слоев покрытий и для дорог III, IV и V категорий движения. Они будут обладать хорошей адгезией ко всем минеральным материалам и в более узком диапазоне не изменять свое качество в пределах одной марки.

Также необходимо организовать производство, хранение и транспортирование полимерно-битумных связующих на основе блок-сополимеров СБС в соответствии с ГОСТ Р 52056–2003 «Вязущие полимерно-битумные дорожные на основе блок-сополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия». Эти связующие обладают требуемой для любых условий России трещиностойкостью, теплостойкостью, эластичностью и адгезией и будут применяться для верхних слоев покрытий дорог I и II технических категорий.

С текущей ситуацией и прогнозом развития российского рынка нефтяных битумов можно познакомиться в отчете Академии Конъюнктуры Промышленных Рынков «Рынок нефтяных битумов в России».

 <p>МАРКЕТИНГ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ</p>	<p>Академия Конъюнктуры Промышленных Рынков оказывает услуги, связанные с анализом рынков, технологий и проектов в промышленных отраслях:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ маркетинговые исследования ✓ технико-экономическое обоснование ✓ бизнес-планирование <p>111033, г. Москва, ул. Золоторожский Вал, 11, стр. 1, офис 2 Тел.: (495) 918-13-12 www.akpr.ru E-mail: mail@akpr.ru</p>
--	--

Материалы и технологии ремонта жестких аэродромных покрытий

Бетонные покрытия устраивают на аэродромах сравнительно недавно. Первое бетонное покрытие на взлетно-посадочной полосе было построено в 1941 г. в аэропорту Внуково. Первые публикации о содержании и ремонте покрытий относятся к 50-м гг. прошлого столетия. Наибольшее распространение бетонные покрытия получили в военной авиации, поэтому вопросы их ремонта в большей степени занимались военные специалисты.

Ниже приводятся описания применявшихся ранее технологий и материалов, их эволюция.

Для ремонта покрытий применяли битумные материалы и асфальтобетон (песчаный и мелкозернистый), цементные растворы с химическими добавками и эпоксидные смолы [1,2].

Наиболее существенное значение для поддержания покрытий в нормальном состоянии имеет устранение трещин. Заделку трещин в зависимости от их ширины выполняли различными способами, так как растворы разной консистенции проникают на всю глубину не во все трещины.

Для заделки швов, трещин, раковин, отколов и ремонта покрытий при шелушении применяли:

- битум для заделки трещин и отколов марок БНД-60/90 и БНД-90/130;
- мастики Изол марки И-1 и И-2, а в случае их отсутствия мастику М-1.

Составы применявшихся мастик приведены в таблице.

Ремонт покрытий битумом и асфальтобетоном производился в зависимости от вида разрушений.

На участках с поверхностным разрушением поверхность покрытия тщательно очищали и высушивали, затем грунтуют битумом БНД-60/90, разжиженным в керосине или бензине в пропорции 1:1. На загрунтованную поверхность наносили слой битума БНД-90/130 толщиной 3–5 мм, присыпали сверху каменной мелочью с крупностью зерна не более 9 мм, после чего уплотняли катками.

На участках с шелушением бетона по глубине поверхность ремонтируемого покрытия тщательно очищали и высушивали, после чего производили подготовку раствором битума БНД-60/90 в керосине или бензине в пропорции 1:1. Затем укладывали слой горячего мелкозернистого асфальтобетона, присыпали каменной мелочью крупностью 2–3 мм и уплотняли катком.

Применение горячих асфальтобетонных смесей для ремонта шелушения цементобетонного покрытия лишь на короткое время решает поставленную задачу. Разно-

родные по составу связующего материалы не могут работать совместно продолжительное время. Различные коэффициенты температурного расширения материалов приводят к адгезионному отслоению. Кроме того, на местах контакта слоев концентрируется влага, которая, в свою очередь, приводит к отторжению ремонтного слоя. Несмотря на то что для применения битумных материалов согласно действующим инструкциям необходимо высушить поверхность бетона, для деструктивных процессов достаточно влаги даже в бетоне в воздушно-сухом состоянии. Например, при толщине плит, равной 20 см, и влажности бетона, соответствующей воздушно-сухому состоянию около 5%, на 1 м² покрытия будет 10 л воды. Именно этот объем воды составляет потенциал для образования ледяной линзы под ремонтным слоем. Очевидно, что разрушение происходит по верхнему слою бетона, который подвергается переменному замораживанию-оттаиванию. Тем не менее на аэродромах метод ремонта покрытий с помощью битума и асфальтобетона находил широкое применение вследствие простоты и доступности.

Перед заделкой трещин шириной до 2 мм плиту очищали, а все трещины на ее поверхности продували сжатым воздухом. Затем краскопультом или кистями по следу одиночной трещины наносили 40%-ный раствор битума БНД-60/90 в бензине. Такое окрашивание производили последовательно 3 раза. Затем для окончательной заделки трещины наносили 50%-ный раствор битума марки БНД-60/90, в бензине. Если на плите имелись участки со значительным количеством трещин, то раствор наносили по всей площади этих участков.

Трещины шириной более 2 мм предварительно разделявали при помощи электроперфоратора или зубила в прямоугольные по сечению борозды шириной не более 8–10 и глубиной 30–35 мм и продували сжатым воздухом. Разделанные борозды грунтуют в два приема 50%-ным раствором битума БНД-60/90 в бензине. Битумные растворы наносили кистями или краскопультом. После высыхания битумного раствора трещины заливали вровень с поверхностью битумными мастиками Изол или М-1 при помощи заливщика швов или леек. При заливке трещин битумной мастикой температура мастики должна была быть не ниже 170–220°С; не допускалось остывания мастики. Требовалось непрерывное перемешивание ее в заливщике или лейках. Избыток мастики на поверхности плит после полного остывания срезали.

Марка мастики	Состав мастик, мас. %						
	Резиновая крошка	Битум	Тугоплавкий сплав	Кумароновая смола	Канифоль	Асбест VII сорта	Песок мелкий
И-1	19	60	–	4	2	15	–
И-2	20	75	–	5	–	–	–
М-1	–	24	56	–	–	6	14

При ремонте швов их очищали от грязи, продували сжатым воздухом и грунтовали раствором битума БНД-60/90 в бензине или керосине в пропорции 1:1. После высыхания подгрунтовки швы заливали мастикой Изол или М-1 при помощи заливщика, леек вместимостью 6–8 л или передвижных бачков.

Как правило, такой ремонт покрытия недолговечен. Одной из причин разгерметизации швов и трещин является возможность прямого контакта мастики с пневматиками опор самолетов, особенно при торможении. Важно было, чтобы мастика в шве была заглублена на 2–3 мм (величина фаски кромки шва) для исключения контакта с пневматиками. Еще одной причиной нарушения герметичности при такой технологии являлась концентрация в одной точке растягивающих напряжений в мастике при температурных деформациях плит должен был применяться уплотнительный шнур из пористой резины или другого материала, одновременно обеспечивающий существенную экономию мастики. Использование дровяных котлов для разогрева мастик не дает возможности контроля за температурным режимом, что часто приводило к завышенным температурам либо у стенок котла, либо по всей массе.

Полимербитумные мастики в настоящее время разогревают в специальных котлах с двойными стенками, в которых циркулирует теплоноситель. Растапливаемый материал опосредованно разогревается теплоносителем. Использование котлов-заливщиков позволяет исключить подгорание и перегрев мастики, герметик не разрушается во время разогрева, удобно подается с заданной рабочей температурой в шов.

В соответствии с современными технологиями операция по грунтовке швов должна выполняться в обязательном порядке с применением специальных грунтовочных составов, например полимерного праймера, а не растворов мастики в керосине или бензине. Не полностью испарившийся растворитель на контакте покрытие – мастика будет не увеличивать, а уменьшать адгезию. Полимерный праймер не только связывает имеющуюся пыль, но и увеличивает адгезионную прочность за счет клеящих свойств.

На новых покрытиях операции по герметизации швов могут быть заменены запрессовкой в паз шва специальных резиновых профилей (рис. 1).

При образовании скола, прежде чем приступить к его заделке, необходимо было добиться, чтобы по всему его периметру стенки были вертикальными, после чего места скола очищали от пыли и грязи сжатым воздухом. На очищенную поверхность наносили тонкий слой 50%-ного раствора битума БНД-60/90 в бензине, при этом слой наносили не только на дефектное место, но и на 2–3 см за его края, захватывая неповрежденную часть плиты. После высыхания битумного раствора места сколов заделывали асфальтобетоном, разравнивали лопатой и уплотняли подогретой гладилкой или утюгом (рис. 2).

Ремонт покрытий песчано-цементными растворами и обычным бетоном, как правило, производится на участках прогазовки двигателей и заправки самолетов топливом и смазочными материалами.

Песчано-цементные растворы применяют для ремонта покрытий с разрушенным верхним слоем до 5 см. При таких разрушениях перед укладкой раствора ремонтируемую поверхность тщательно очищают от пыли, грязи, песка и промывают водой. На влажный бетон наносят связующий слой из цементного раствора 1:1 или цементного теста, который растирают жесткими щетками до получения слоя толщиной 1,5–3 мм. На влажный связующий слой наносят основной слой

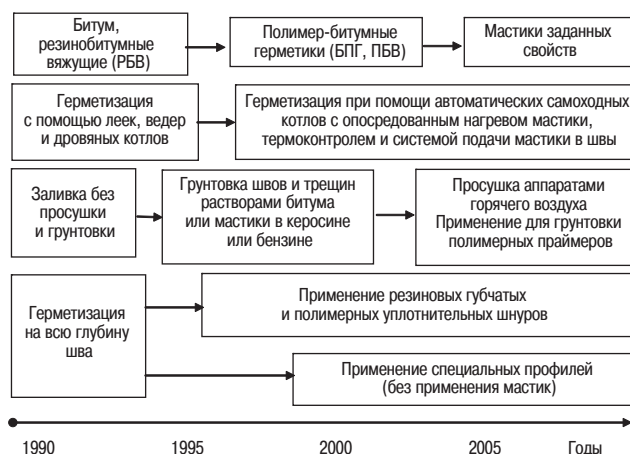


Рис. 1. Эволюция технологии герметизации швов и трещин

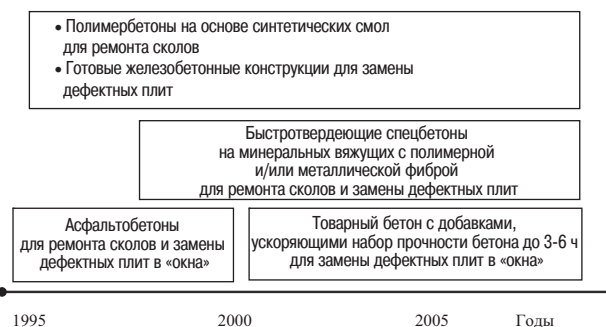


Рис. 2. Эволюция технологии ремонта сколов, замены цементобетонных плит

песчано-цементного раствора толщиной 10–20 мм, разравнивают и уплотняют виброрейками или штукатурными терками.

После укладки необходимо обеспечить уход за слоем раствора, так же как и за свежеложенным бетоном. Для улучшения сцепления песчано-цементный раствор укладывают по эпоксидному клею, который наносят на подготовленную поверхность старого бетона кистями тонким слоем. Расход клея при этом не должен превышать 0,3–0,5 кг на 1 м² обрабатываемой поверхности.

При глубине разрушенного слоя более 50 мм ремонт покрытий производится бетоном с заполнителем, наибольшая крупность зерен которого не должна превышать 2/3 толщины наращиваемого слоя. Бетон в этом случае укладывают на слой цементного теста, разравнивают и уплотняют вибратором.

При глубине разрушенного слоя более 100 мм предварительно вырубает поврежденный бетон с последующим наращиванием нового бетона. Прочность укладываемого бетона должна соответствовать прочности ремонтируемого покрытия. Полностью разрушенные отдельные плиты из покрытия демонтируют, основание восстанавливают и производят бетонирование новых плит с восстановлением швов и стыковых соединений.

Особое значение для развития технологии ремонтных работ имеют исследования, проведенные ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект» совместно с Институтом физической химии АН СССР. В результате этих исследований был разработан способ ремонта жестких покрытий при помощи цементного раствора и специального коллоидного клея, обеспечивающего надежное сцепление раствора с существующим бетонным покрытием. Коллоидный клей готовят из портландцемента, молотого до удельной поверхности не ниже 5000 см²/г. В качестве добавок применяется тонкоизмельченный песок в количестве до 40% массы портландцемента,

пластификаторы в виде сульфитно-спиртовой барды и ускоритель твердения – хлористый кальций.

Позже стали использовать коллоидный клей, который входит в состав ремонтного материала РМ-26, разработанного в 26 ЦНИИ МО [3]. Последующие положительные результаты практического применения этого материала сделали РМ-26 основным при производстве работ на аэродромах.

Аналогичный подход был при разработке ремонтных материалов в НПО «Прогрестех». Для слоев 20–50 мм применяют цементный раствор с добавками латекса, поливинилацетата, солей хлористого кальция и натрия совместно с сульфитно-спиртовой бардой, а также раствор силиконового масла. Химические добавки вводят в количестве 1,5–3% в пересчете на сухую массу от массы цемента.

Обработку покрытий с незначительным шелушением производят пропиткой кремнефтористым магнием за два приема с интервалами 10–20 ч. и 20%-ным раствором с интервалом 1–2 ч.

Для ремонта покрытий, подверженных шелушению, а также для заделки выбоин, трещин, раковин, швов и разрушенных кромок применяют эпоксидные смолы с отвердителями. Отремонтированные эпоксидными смолами бетонные покрытия обладают высокими прочностными и водонепроницаемыми свойствами. При выполнении работ поверхность ремонтируемого покрытия предварительно очищают, промывают, просушивают и грунтуют. После чего на поверхность наносят эпоксидную смолу и распределяют мастерком или лопатой.

В настоящее время за рубежом нередко для ремонта применяют материалы на основе синтетических смол. Фирмы предлагают на отечественном рынке большое количество таких материалов, и имеется положительный опыт их применения. В аэропортах городов Минск, Якутск, Санкт-Петербург (Пулково) были проведены ремонтные работы взлетно-посадочных полос с использованием этих составов.

Вместе с тем на практике вплоть до середины 90-х гг. прошлого столетия продолжали использовать низкоэффективные устаревшие методы ремонта. Сложилось ошибочное мнение о неремонтопригодности цементобетонных покрытий.

В последующие годы произошли значительные изменения. Научные исследования, производство современных строительных материалов, специальной техники и инженерная практика сегодняшних дней доказывают, что отремонтировать можно любые дефекты, возникающие на жестких покрытиях, причем технологично, с высоким качеством и в короткие сроки [4]. Новые технологии и материалы применены при ремонте взлетно-посадочных полос аэропортов в городах Москва (Шереметьево, Домодедово), Норильск, Минеральные Воды, Владивосток и др. Даже самые трудоемкие процессы, например замена дефектных участков плит покрытий, проводили в перерывах между взлетно-посадочными операциями воздушных судов. Такие технологии внедрены в практику проектирования и строительства, а результаты их применения прошли проверку временем в действующих аэропортах Российской Федерации и ближнего зарубежья.

Список литературы

1. Руководство по организации и технологии ремонта аэродромов без перерыва летной эксплуатации. 1979. 117 с.
2. Глушков Г.И., Раев-Богословский Б.С., Михайлов А.В. Реконструкция бетонных покрытий аэродромов. М.: Транспорт, 1965. 222 с.
3. Эсаулов С.Л., Иванков С.А., Нерубенко С.Л. Рекомендации по ремонту монолитных цементобетонных покрытий аэродромов и дорог с применением ремонтного материала РМ-26Ф. М.: 26 ЦНИИМО, 2000. 14 с.
4. Левицкая Т.П., Попов В.А. Современные методы ремонта аэродромных покрытий. М.: МАДИ (ТУ), 1999. 131 с.



НОВОМАСТ

Производство битумно-полимерных герметиков «НОВОМАСТ» для герметизации швов и трещин покрытий автодорог и аэродромов

Конкурентные преимущества

- Качество и надежность, проверенные временем
- Оптимальное соотношение цена–качество
- Короткие сроки поставки
- Совершенное технологическое и лабораторное оборудование
- Возможность получения мастик с заданными параметрами для конкретных условий
- Рациональная упаковка для перевозки, хранения и применения мастик

Телефоны (495) 797 59 08, (495) 979 03 95 E-mail dormast@mail.ru

А.В. ЧЕРНЯКОВ, канд. техн. наук, президент, НПО «Космос» (Москва)

Повышение эффективности струйной цементации на основе специальных добавок

Технология струйной цементации (Jet Grouting Method) – сравнительно новое научно-техническое направление в подземном строительстве [1]. Эта технология позволяет непосредственно на месте создать конструкционный материал за счет смешения цементной суспензии с грунтом. Суспензия вводится в виде высокоскоростной струи. Под воздействием энергии струи происходит размыв, дробление и перемешивание грунта с цементом. В результате образуется грунтобетон, в котором роль заполнителя выполняют частицы обрабатываемого грунта.

Струйная технология с успехом используется для укрепления грунтов при строительстве подземных сооружений, создания элементов ограждений и противофильтрационных завес, формирования водоупора в днищах котлованов, укрепления фундаментов существующих зданий и т. д. Однако возможности струйной технологии на практике используются не полностью, что связано в первую очередь с неоднородностью грунтов и несовершенством самой технологии.

Недостаток многих исследований, направленных на совершенствование струйной цементации, состоит в том, что в них не принимается во внимание однородность свойств образующегося грунтобетона. Например, прочность, проницаемость или другое свойство грунтобетона зачастую характеризуется лишь средним арифметическим значением полученных измерений. В то же время расчет конструкции не может быть надежным, если он выполнен без учета изменчивости свойств используемого материала. Вместе с тем в повышении однородности свойств грунтобетона скрыты большие резервы увеличения эффективности струйной технологии.

Следует отметить, что свойства традиционного бетона уже давно оцениваются с учетом их однородности. В 1981 г. был введен ГОСТ 18105.0–80 по контролю прочности бетона статистическим методом, в соответствии с которым характеристики бетона регламентировались с учетом фактического коэффициента вариации прочности. В 1987 г. взамен ГОСТ 18105.0–80 был введен ГОСТ 18105–86 «Бетоны. Правила контроля прочности». Основной контролируемой характеристикой прочности бетона стал его класс [2]. Целью введения нового нормативного документа была экономия цемента за счет повышения однородности бетона. С введением этих ГОСТов статистическая оценка стала выступать в качестве инструмента повышения экономичности строительства.

Вполне логично использовать такой же подход для оценки свойств грунтобетона. В качестве показателя, который учитывает возможные колебания качества грунтобетона, предложено ввести *класс грунтобетона G*. Класс грунтобетона – это числовая характеристика его свойств, принимаемая с определенной обеспеченностью применительно к конкретному объекту.

Для традиционного бетона изменчивость свойств оценивается с помощью нормального закона. Для грунтобетона отклонения от средних значений величин свойств подчиняются логнормальному закону. Применение логнормального закона распределения позволяет избежать ошибки, связанной с тем, что плотность вероятности нормального закона распространяется до бесконечности в обе стороны, в то время как прочность грунтобетона не

может принимать отрицательных значений. При больших коэффициентах вариации, свойственных грунтобетону, расчеты по нормальному закону приводят к ошибкам, увеличивающимся с ростом вариации.

В данной работе за марку грунтобетона принято среднее арифметическое значений показателей его качества. В отличие от обычного бетона марке и классу грунтобетона не присваивается фиксированное дискретное значение, а рассматривается отношение между ними G^* .

Связь между классом, отнесенным к среднему значению прочности, G^* и коэффициентом вариации прочности V при заданном уровне доверия P в случае логнормального распределения, имеет вид:

$$P = 1 - \int_0^{G^*} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot x \cdot V} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x}{V}\right)^2\right) dx, \quad (1)$$

где x – относительное значение прочности (отношение текущей прочности к ее среднему значению); $V = \sigma/R$ – коэффициент вариации прочности; R – среднее арифметическое значение прочности (марка); σ – стандартное отклонение; G^* – относительное значение класса (отношение класса грунтобетона к среднему значению его прочности).

Зависимость между классом G и маркой R , рекомендуемая ГОСТ 25192–82 (1991) [3] для обычных бетонов, выражается в виде:

$$G = R \cdot (1 - t \cdot V), \quad (2)$$

где G – гарантированное значение прочности (класс); t – коэффициент, характеризующий принятую при проектировании обеспеченность класса грунтобетона.

Данной формулой можно пользоваться при небольших значениях коэффициента вариации ($V < 0,2$).

Применение соотношения (1) позволяет задать как прочность грунтобетона, так и другие свойства, например водонепроницаемость, с учетом их фактической или возможной вариации. Введение понятия «класс» для ха-

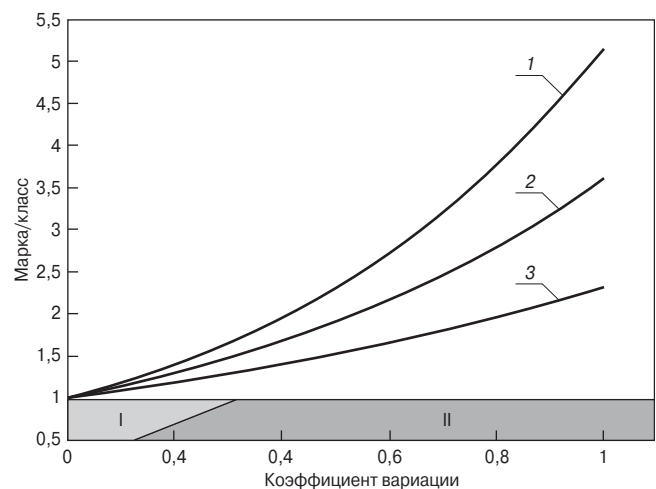


Рис. 1. Зависимость отношения средней и гарантированной прочности (марка/класс) от коэффициента вариации при разных доверительных вероятностях. I – область значений коэффициента вариации, характерных для бетона; II – область значений коэффициента вариации, характерных для грунтобетона: 1 – доверительная вероятность 0,95; 2 – 0,9; 3 – 0,8

характеристики грунтобетона более важно для практики, чем использование этого показателя для оценки свойств традиционного бетона. Это объясняется тем, что по своей сути грунтобетон еще более неоднороден, чем обыкновенный бетон. Для заводского бетона коэффициент вариации, принятый строительными нормами и характеризующий технологию бетонных работ как удовлетворительную, равен 0,135. При доверительной вероятности 0,95 отношение марки к классу невелико. Даже в крайнем случае, когда бетон изготавливается на месте (малые строительные площадки), значение коэффициента вариации для него не может быть выше 0,3 [4]. При этом отношение марки к классу равно примерно 1,5.

Иначе обстоит дело с грунтобетоном, для которого разброс данных определяется труднопредсказуемыми факторами природного происхождения. В частности, свойствами грунта, которые могут сильно изменяться в пределах небольших зон обрабатываемого массива. Коэффициент вариации свойств грунтобетона может достигать значения 1 и более. В этой области значений коэффициента вариации соотношение марка/класс резко возрастает. На рис. 1 показана зависимость отношения марка/класс от коэффициента вариации.

Как видно из рис. 1, если в характерной для обычного бетона области с относительным увеличением коэффициента вариации на 50%, то есть с 0,1 до 0,15, отношение марка/класс возрастает на 17%, то при переходе в область грунтобетона относительное увеличение V на 50%, то есть с 0,4 до 0,6, отношение марка/класс вырастает уже на 43%.

Таким образом, класс грунтобетона крайне чувствителен к изменению однородности его свойств. Даже небольшое увеличение однородности свойств грунтобетона существенно повышает его класс.

В ходе исследований было проведено сравнение действия различных добавок на определенный состав грунтоцементной смеси. Наряду со средним значением прочности образцов грунтобетона определялся коэффициент вариации прочности.

Для изготовления образцов использовали составы цементной суспензии с водоцементным соотношением 0,7 и 1. Испытывались добавки шести видов: полифункциональная добавка КДСЦ (ТУ 2229-005-11687721-01), разработанная в НПО «Космос», известные добавки пластифицирующего и водоредуцирующего действия С-3 (ТУ 6-36-020429-625) и ЛСТ (ТУ 13-0281036-05), добавки – ускорители схватывания и твердения: хлористый кальций и жидкое стекло (5%-ный раствор), а также водоудерживающая добавка Sika USC-01 (производство Sika (Швейцария)).

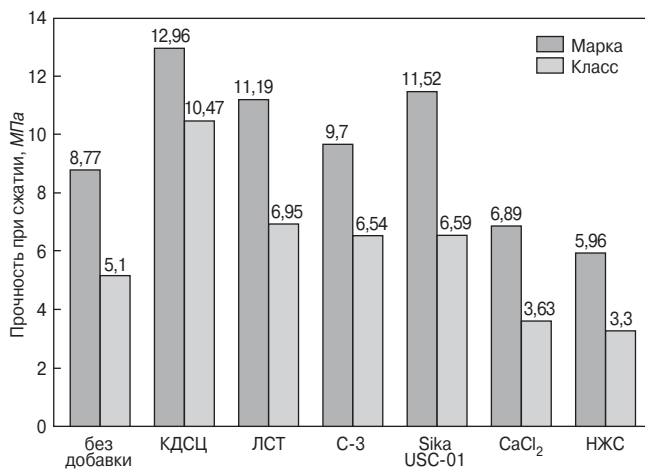


Рис. 2. Влияние типа добавки на марку и класс грунтобетона (в проектном возрасте 28 сут). Грунт-наполнитель – супесь, В/Ц=0,7

Технические характеристики добавки КДСЦ

Цвет	Подвижная жидкость от бесцветной до коричневого цвета
Плотность при 20°С, г/см ³	1,03–1,08
Водородный показатель	6,5–7,5
Содержание хлоридов в пересчете на Cl-ионы, мас.%, не более	0,1

Для опытов использовались два существенно отличающихся по свойствам грунта. Первый – грунт с объекта «Ленинградский проспект», Москва (легкая серая супесь плотностью $\rho=2050$ кг/м³ и влажностью 24%), второй – грунт, взятый с места строительства кольцевой дороги Санкт-Петербурга (сильно гумусированный алевритистый суглинок плотностью 1930 кг/м³ и влажностью 30%). Грунтоцементное соотношение составляло 5 : 1. Перемешивание цементной суспензии с грунтом осуществлялось планетарной мешалкой. Для всех смесей интенсивность и время перемешивания были равными и составляли соответственно 500 кВт/м³ и 5 с. Таким образом, энергия, затрачиваемая на перемешивание, для всех образцов примерно соответствовала энергии, затрачиваемой на перемешивание в ходе полевого процесса струйной цементации. Приготовленная грунтоцементная смесь заливалась в кубические формы с длиной грани 70 мм. В течение первых суток образцы выдерживались в формах под пленкой. Последующее твердение проходило при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности 60–70%.

В таблице представлены результаты изменения прочности испытуемых образцов во времени, которые показывают, что четыре добавки из шести в возрасте 28 сут повышают проектную прочность грунтобетона. Наибольший эффект наблюдается при применении добавки КДСЦ. При этом на начальном этапе твердения добавка швейцарской фирмы Sika позволяет получить лучшие показатели средней прочности грунтобетона. Однако на более поздних сроках схватывания добавка КДСЦ обеспечивает как самую высокую среднюю прочность грунтобетона (марку), так и наименьший разброс его свойств, а следовательно, и наивысшую гарантированную прочность (класс).

Как и следовало ожидать, прочность грунтобетона в проектном возрасте оказалась гораздо выше в случае, когда наполнителем являлся несвязный грунт (супесь). Тем не менее для суглинка влияние пластифицирующих добавок проявилось наиболее заметно.

При водоцементном соотношении 0,7 абсолютные значения средней прочности образцов оказываются выше, чем при В/Ц=1, однако в случае большего В/Ц разница

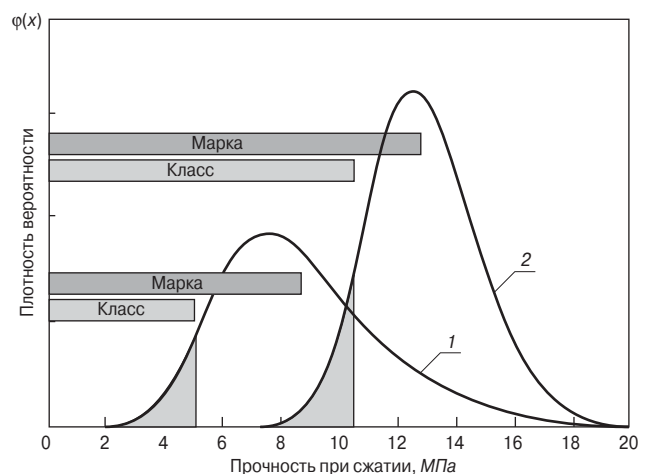


Рис. 3. Распределение значений прочности грунтобетона, а также значения марки и класса грунтобетона; грунт-наполнитель – супесь, В/Ц=0,7: 1 – без добавки; 2 – с добавкой КДСЦ

Тип добавки	Содержание добавки, %	В/Ц	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут					Коэффициент вариации прочности (28 сут), V	Класс по прочности, W, МПа	Параметр W_2/W_1
			2	3	7	14	28			
Супесь легкая серая										
б/д	–	0,7	2,23	2,63	4,31	6,47	8,77	0,33	5,1	–
КДСЦ	2,5		3,72	4,45	7,36	10,7	12,96	0,13	10,47	2,05
ЛСТ	0,3		3,08	3,61	6,12	8,59	11,19	0,29	6,95	1,36
С-3	0,6		2,72	3,21	5,23	7,99	9,7	0,24	6,54	1,28
Sika USC-01	0,4		3,98	4,75	8,03	10,13	11,52	0,34	6,59	1,29
CaCl ₂	2		3,13	3,2	4,22	5,74	6,89	0,39	3,63	0,71
НЖС	6		2,89	3,04	3,86	4,94	5,96	0,36	3,3	0,65
б/д	–	1	0,46	0,66	1,42	2,07	2,65	0,14	2,1	–
КДСЦ	2,5		1,81	2,12	3,56	5,23	6,73	0,1	5,71	2,72
ЛСТ	0,3		1,3	1,54	2,64	4,12	5,18	0,12	4,25	2,02
С-3	0,6		0,95	1,22	2,33	3,35	4,32	0,12	3,55	1,69
Sika USC-01	0,4		1,36	1,96	3,87	5,16	6,23	0,15	4,87	2,32
CaCl ₂	2		0,84	1,07	1,53	2,02	2,29	0,18	1,7	0,81
НЖС	6		0,72	0,91	1,4	1,74	1,98	0,16	1,52	0,72
Суглинок сильно гумусированный										
б/д	–	0,7	0,7	0,81	1,35	2,08	2,76	0,41	1,41	–
КДСЦ	2,5		1,22	1,45	2,27	3,51	4,25	0,21	3,01	2,13
ЛСТ	0,3		0,99	1,09	1,85	2,85	3,62	0,34	2,07	1,47
С-3	0,6		0,93	1,02	1,93	2,72	3,3	0,28	2,08	1,48
Sika USC-01	0,4		1,35	1,61	2,63	3,32	3,87	0,44	1,88	1,33
CaCl ₂	2		0,87	0,96	1,38	1,88	2,31	0,49	1,03	0,73
НЖС	6		0,82	0,9	1,27	1,62	1,87	0,47	0,86	0,61
б/д	–	1	0,23	0,3	0,56	0,88	1,16	0,22	0,81	–
КДСЦ	2,5		0,72	0,91	1,64	2,54	3,08	0,15	2,41	2,98
ЛСТ	0,3		0,56	0,62	1,14	1,59	2,23	0,19	1,63	2,01
С-3	0,6		0,35	0,51	0,87	1,28	1,64	0,18	1,22	1,51
Sika USC-01	0,4		0,68	0,89	1,53	2,19	2,64	0,22	1,84	2,27
CaCl ₂	2		0,42	0,49	0,6	0,86	0,97	0,27	0,62	0,77
НЖС	6		0,36	0,41	0,55	0,74	0,84	0,25	0,56	0,69

между средним и гарантированным значениями меньше, что говорит о более однородном составе грунтобетона.

В четырех из шести случаев применения добавок марка и класс грунтобетона увеличиваются. Относительное увеличение класса в результате применения добавки превышает относительное увеличение марки (рис. 3).

Это превышение можно объяснить тем, что применяемые добавки пластифицирующего действия понижают вязкость смеси и таким образом способствуют лучшему перемешиванию с грунтом. Наглядно этот эффект представлен на рис. 3, где приведены характерные распределения прочности грунтобетона для одного из экспериментов, а также указаны значения марки и класса.

Добавки – ускорители схватывания, предназначенные для получения наибольшей ранней прочности, заметно уменьшают однородность грунтобетона, что вполне закономерно.

Проведенные исследования наглядно показали возможности повышения однородности и прочности грунтобетона при использовании химических добавок и позволяют сделать следующие выводы.

1. Использование понятия «класс грунтобетона» дает возможность не только оценивать качество текущих работ, но также повышать результативность вновь предлагаемых приемов и способов совершенствования струйной технологии.

2. Наибольшей эффективностью обладает добавка КДСЦ, позволяющая повысить класс грунтобетона в 2–3 раза. Возрастание класса происходит в результате как увеличения прочности цементного камня, так и повышения однородности структуры грунтобетона.

Список литературы

1. Брод И.И. Струйная геотехнология: Учебное пособие. М.: Изд-во АСВ, 2004. 448 с.
2. ГОСТ 18105–86 «Бетоны. Правила контроля прочности». М.: Госстрой СССР, 1986. 10 с.
3. ГОСТ 25192–82 (1991) «Бетоны. Классификация и общие технические требования». М.: Госстрой СССР, 1986. 8 с.
4. Шпете Г. Надежность несущих строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1994. 288 с.



Научно-производственное объединение «Космос»

Образовано в 1991 г. учеными Государственного Научно-исследовательского института химии и технологии элементоорганических соединений (ГНИИХТЭОС).
В настоящее время – одно из ведущих в стране высокотехнологичных предприятий. Обладает уникальными технологиями в области строительного производства и продукции строительной химии, занимает лидирующие позиции в области инженерного строительства в России, являясь ведущим генеральным подрядчиком по сооружению объектов инженерной транспортной инфраструктуры Москвы.

НПО «Космос»

- ◆ многопрофильный концерн (президент, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники А.В.Черняков) из 30 предприятий в Москве, Санкт-Петербурге, Перми, Волгограде
- ◆ коллектив более 7000 высококвалифицированных сотрудников
- ◆ специализация на создании продуктов «высокой технологии» в химии строительных материалов, проектировании, строительстве и реконструкции автодорог, мостов, взлетно-посадочных полос, гражданских и промышленных зданий, автодорожных тоннелей и инженерных сооружений.

Среди заказчиков НПО «Космос» – Правительство Москвы, Администрация Санкт-Петербурга, Перми, Пермской области, Волгограда, Казани и др.

Основные применяемые технологии:

- горизонтальное инъецирование в слабонесущих неустойчивых грунтах;
- восстановление эксплуатируемых железобетонных поверхностей без остановки движения транспорта;
- укрепление фундаментов зданий с применением манжетно-пакерной и беспакерной технологий;
- инъецирования при реставрации памятников.



Нестандартный подход к решению технологически сложных инженерных задач, применение новейших технологий – основные инструменты успеха компании.

НПО «Космос» занималось реконструкцией Ленинградского проспекта от ул. Беговой до м. «Сокол»; участка магистрали 4-го транспортного кольца от шоссе Энтузиастов до Измайловского шоссе; строительством Лефортовского тоннеля; тоннеля транспортного пересечения улиц Суцесвский Вал и Шереметьевской; очистных сооружений и водозаборного узла головных сооружений ММДЦ Москва-Сити; реставрацией и восстановлением Большого Дворца ГМЗ «Царицыно»; реконструкцией ГВЗ Манеж; аэровокзального комплекса и эстакады с подъездными дорогами аэропорта

Внуково; строительством Кольцевой автодороги вокруг Санкт-Петербурга, аэродрома и взлетно-посадочной полосы в Москве, Санкт-Петербурге, Волгограде, Перми; строительством метрополитена в Казани; реставрацией резиденции Патриарха Московского и всея Руси; реставрацией Елоховского кафедрального собора и др.

НПО «Космос» имея самые передовые научно-технические и технологические методы производства строительно-монтажных работ в слабонесущих, сильнообводненных грунтах, обладая уникальной организацией производства подземных работ в условиях плотной городской застройки при сооружении инженерно-транспортных объектов, выполняет задачи любой технической сложности в минимальные и жесткие сроки.

111123 г. Москва, ш. Энтузиастов, д. 38, тел./факс: (495) 673-13-72, 673-72-12

npo-kosmos@mtu-net.ru

www.concern-kosmos.ru

ОАО Асфальтобетонный завод №4 «Капотня»

www.abz4.ru



АСФАЛЬТ
ХОЛОДНЫЙ АСФАЛЬТ
ЭМУЛЬСИИ
МАСТИКИ
АСФАЛЬТОВАЯ КРОШКА
БЕТОН
ЩЕБЕНЬ
ПЕСОК
ДОСТАВКА

Телефоны: 359-75-25, 359-72-00, факс 359-55-20, E-mail: abz4@abz4.ru

Реклама



Группа компаний «Мегатех Инжиниринг» образована в 2002 году и выполняет:

- ◆ проектирование строительства, реконструкции и ремонта автомобильных дорог, парковок, подъездных путей в полном комплексе с наружными сетями и благоустройством прилегающих территорий, организацией дорожного движения;
- ◆ проектирование объектов ТЭК, включая инженерную защиту газо- и нефтепроводов и сопутствующих сооружений от опасных инженерно-геологических процессов и явлений;
- ◆ проектирование гидротехнических и грунтовых сооружений, полигонов захоронения отходов;
- ◆ сопровождение проектов, авторский надзор на всех этапах;
- ◆ комплексные поставки широкого спектра геосинтетических материалов отечественных и зарубежных производителей (объемные георешетки, плоские геосетки, противозерозионные маты, геотекстиль, геомембраны, габионные конструкции);
- ◆ полный комплекс работ в области промышленного и дорожно-транспортного строительства (с осуществлением функций генподрядчика), а также специализированные работы, в том числе:
 - укладка и сварка полимерной геомембраны для гидросооружений, полигонов ТБО, специализированных предприятий (нефтеналивных комплексов и т. д.);
 - противооползневые мероприятия, защита склонов от эрозии и укрепление откосов;
 - создание армогрунтовых подпорных стенок.

195027, г. Санкт-Петербург, ул. Магнитогорская, д. 11, БЦ «Истен», офис 332
тел. +7(812)347-74-06, факс+7(812)347-74-05 e-mail: info@megateh.com

Реклама

А.В. ЧУДИНОВЕЦ, генеральный директор, Н.Н. ЛУКАЧЕВ, зам. генерального директора, ООО «КОРАЛАЙНА ИНЖИНИРИНГ»;
 А.Е. МЕРЗЛИКИН, канд. техн. наук, ФГУП «РОСДОРНИИ»;
 А.Н. ДЕВЯТИЛОВ, генеральный директор ООО «Мегатех Инжиниринг» (Москва)

Георешетки для создания новых конструкций дорожных одежд

Современные дорожные магистрали с интенсивным движением автотранспорта имеют, как правило, основания из цементосодержащих материалов. Эти основания строились как монолитные, так и из сборных элементов. Цементосодержащие основания породили специфическую проблему: швы между сборными элементами и температурные (усадочные) трещины монолитных слоев отражаются на асфальтобетонном покрытии. Любая трещина в асфальтобетонном покрытии – это источник дальнейшего лавинообразного разрушения.

Существует несколько способов решения проблемы отраженного трещинообразования. Один из способов – фрагментация цементосодержащего основания, то есть создание не монолитного слоя, а слоя из блоков (плит) относительно малого размера в плане. Такие блоки уменьшают вероятность образования отраженных трещин на асфальтобетонном покрытии.

Известно несколько способов фрагментации цементосодержащего основания. Например, при реконструкции автомобильных дорог существующее цементобетонное основание дробится на отдельные фрагменты. При новом строительстве несъемную опалубку, например объемную сотовую георешетку, заполняют бетонной смесью или под слой бетона укладывают прослойку с регулярно расположенными выпуклостями, которые направлены вверх для создания при движении транспорта концентрации напряжений в монолитном слое. Фрагментация при реконструкции или ремонте широко применяется в ряде зарубежных стран, где цементобетонное основание или покрытие имеется на большинстве государственных и местных дорог. Фрагментация при строительстве является новым технологическим решением.

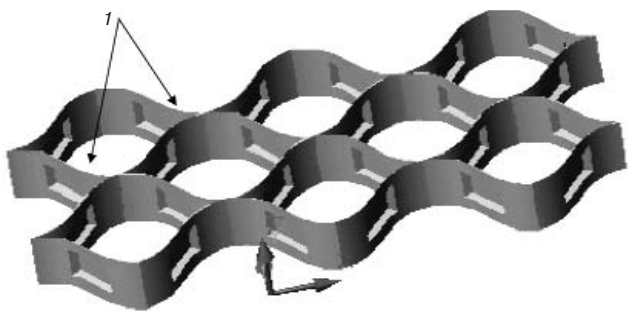


Рис. 1. Георешетка типа ГЕОРИФ с выпукло-вогнутыми элементами (1) на стенках ячеек

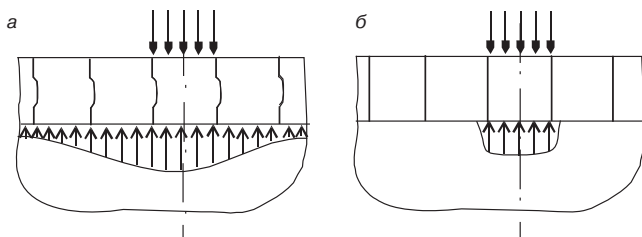


Рис. 2. Эпюры нормальных сжимающих напряжений под слоями из бетонных блоков со шпунтовым соединением (а) и без соединения (б)

На рис. 1 представлена объемная георешетка ГЕОРИФ. Особенностью георешетки ГЕОРИФ является наличие на стенках, образующих ячейки, выпукло-вогнутых элементов (1), которые формируют шарнирные соединения между бетонными блоками. Шарнирные соединения придают основанию из блоков (плит) небольшого размера гибкость, увеличивают способность распределять напряжения и нейтрализуют так называемый клавишный эффект (рис. 2).

На рис. 3 представлена плоская георешетка РИФ. Особенность плоской георешетки РИФ в том, что ее поперечные элементы (2) являются трещинообразующими для цементосодержащего слоя, уложенного на георешетку. Кроме того, поперечные элементы, заполненные дренажным наполнителем в виде дренажных трубок, нетканым геосинтетическим материалом и др., осушают материал слоя, подстилающего цементосодержащий слой в зоне трещины.

При этом растягивающие напряжения воспринимаются продольными полосами георешетки в местах устройства искусственных трещин. Это позволяет воспринимать как горизонтальные, так и вертикальные динамические нагрузки на дорожную одежду.

Для обеспечения технологичности установки георешетки и сохранности ее геометрической формы при укладке вышележащего слоя продольные ленты фиксируются к основанию металлическими анкерами.

Расстояния между продольными лентами и трещинообразующими поперечными элементами, а также угол β и высота трещинообразующих элементов (рис. 3, в) зависят от толщины и прочности вышележащего цементосодержащего слоя и подлежат расчету.

Объемные георешетки ГЕОРИФ и плоские георешетки РИФ являются современным эффективным инструментом повышения качества дорожных одежд.

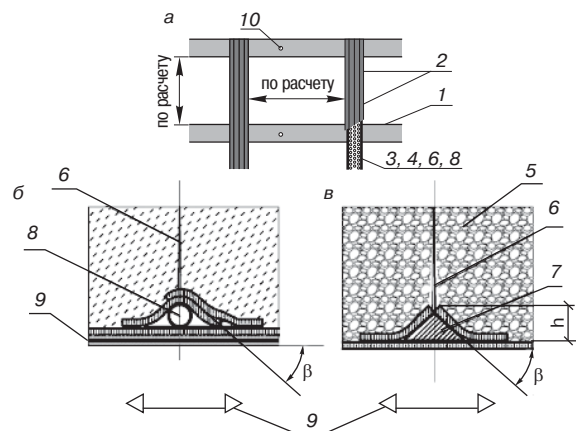


Рис. 3. Плоская георешетка РИФ: а – вид сверху; б, в – варианты поперечного разреза: 1 – несущая продольная лента; 2 – трещинообразующий поперечный элемент; 3, 4 – дренажные наполнители, 5 – цементосодержащий слой; 6 – трещина; 7 – нетканый геосинтетический материал; 8 – дренажная труба; 9 – растягивающее напряжение; 10 – металлические анкеры

УДК 625.7

С.М. ШАКУРОВ, начальник ПТО, ОАО «Нерудпром» (Минск, Республика Беларусь)

Нерудные строительные материалы для дорожного строительства

ОАО «Нерудпром» является современным горным предприятием, имеющим три производственных подразделения — дробильно-сортировочные заводы (ДСЗ) «Заславль», «Крапужино», «Волма», оснащенные высокопроизводительной землеройной и погрузочной техникой.

В 2007 г. 800 тыс. м³, или 25% от общего объема НСМ, реализовано для дорожного строительства и благоустройства территорий.

Устойчивым спросом в дорожном строительстве пользуется песок высшего класса (Изменение № 2 РБ ГОСТ 8736–93 «Песок для строительных работ. Технические условия», введено в марте 2000 г.) В таком песке содержание пылевидных и глинистых частиц не должно превышать 1%, содержание зерен крупностью свыше 5 мм — не более 3%, частиц менее 0,16 мм — не более 3%, содержание глины в комках не допускается. В 2007 г. было выпущено 550 тыс. м³ такого песка, или 23% от общего объема.

Песок высшего класса получают только с применением промывки на специальном оборудовании. Он применяется для изготовления изделий из бетона методом вибропрессования — плит для тротуаров, бордюрного камня, лестничных маршей, а также приготовления асфальтобетона.

Асфальтобетонное покрытие, где в качестве заполнителя использовался песок высшего класса, более чем на 20% превосходит по своей прочности покрытие, где применяется песок 1-го или 2-го класса. Требования к пескам для производства асфальтобетонных смесей ужесточаются. На строительстве магистральных автодорог РБ применяют асфальтобетонную смесь с заполнителем из песков с содержанием глины не более 1%.

Хотя обогащение песка связано со значительными дополнительными затратами на энергию, установку и обслуживание дополнительного оборудования, необходимостью создания системы оборотного водоснабжения и шламохранилищ, руководство ОАО «Нерудпром» планирует увеличение его выпуска.

На производственных подразделениях установлены дополнительные спиральные классификаторы, увеличено количество грохотов, работающих в летнее время на мокром грохочении, увеличена производительность ленточных конвейеров, которые теперь позволяют работать промывочным грохотам и спиральным классификаторам с 90–100% загрузкой.

В настоящее время на всех ДСЗ имеется практика использования сливов из спиральных классификаторов. Продуктивные мелкие и очень мелкие пески складированы на карте намыва, глинистые и илестые частицы поступают в отстойник (пруд-гидрозатвор перед водохранилищем, соединенный с ним шандорным колодецем). Осветленная вода подается в водохранилище для повторного использования на промывке.

Продуктивные мелкие и очень мелкие пески используются для штукатурных работ, изготовления сухих смесей, заделки швов тротуарной плитки. В течение промывочного сезона они перемещаются бульдозером и отгружаются потребителю. Однако основная масса отгружается в зимнее время, когда происходит очистка карт намыва и отстойников в процессе подготовки к следующему промывочному сезону.

Перемещение песка с карты намыва, извлечение глинистых частиц, имеющих полужидкое состояние, из отстойника и вывоз их в отвал создают дополнительные трудности и увеличивают расходы на автотранспорт. Имеется проблема засорения глинистыми частицами водоемов чистой воды, особенно в конце сезона, когда из-за переполнения прудов-отстойников вода осветляется не в полной мере.

Часто трудности, с которыми предстоит столкнуться изготовителю обогащенных песков, являются причиной отказа от их производства либо сокращения выпуска в пользу песка 1-го или 2-го класса. Большую роль в этом играет цена на обогащенный песок. В России она зачастую равна стоимости песка, полученного без применения промывки, что несопоставимо с затратами. Цена на обогащенный песок остается проблемой и в Республике Беларусь.

Тем не менее в ОАО «Нерудпром» планируется дальнейшее наращивание производственных мощностей по выпуску песка высшего класса. Строительство нового ДСЗ «Минский» на базе одноименного месторождения позволит увеличить производство НСМ на 1 млн м³ в год, в том числе песка высшего класса до 400 тыс. м³.

Значительным шагом вперед в развитии предприятия стал выпуск дорожных смесей. В настоящее время в ОАО «Нерудпром» выпускается в основном два вида дорожной смеси — С-4 и С-12. Дорожные смеси стали незаменимы в благоустройстве территорий. Укладка распространенной сейчас тротуарной плитки должна производиться только на хорошо подготовленную поверхность. Там, где в качестве подстилающих слоев применяется С-4 и С-12, не наблюдается вспучивания плитки либо ее вдавливания.

Дорожные смеси С-4 и С-12 производятся в основном на ДСЗ «Заславль» (ДСУ «Векшичи»). Технология их производства имеет особенности. При производстве смесей не требуется специального смешивания изготовленных ранее щебеночно-гравийно-песчаных составляющих в нужных пропорциях благодаря широкому диапазону содержания составляющих смесь фракций, установленному ГОСТ 25607–94.

Дорожные смеси С-4, С-12 и песок 1-го класса (0–5 мм) получают на двух грохотах СМД-121 первичного грохочения, оборудованных двумя ситами 20×20 мм и 5×5 мм. Подача песчано-гравийной смеси на грохоты осуществляется в таком количестве, чтобы ее рассев на ситах давал требуемое содержание песка, гравия каменных в смеси С-4, а также песка и гравия в смеси С-12. Далее надрешетный продукт с верхнего сита поступает в щековую дробилку. Для регулировки содержания компонентов могут применяться резиновые фартуки различной длины и ширины, заранее закрепленные на грохоте и накладываемые на верхнее и нижнее сита. В результате искусственного сокращения площади верхней просеивающей поверхности происходит обогащение смеси С-4 песком и гравием, сокращением площади нижней просеивающей поверхности достигается увеличение содержания фракции 0–5 мм в смеси С-12.

Дорожная смесь С-4 выпускается круглый год, смесь С-12 — в основном в зимнее время.

Суммарная производительность двух грохотов первичного грохочения, настроенных в зимнее время на выпуск дорожных смесей и песка 1-го класса, достигает 200 м³/ч.

В перспективе в ОАО «Нерудпром» имеется возможность организовать выпуск дорожной смеси С-6 за счет работы конусной дробилки КМД-1200 в открытом цикле.

Исследование процесса измельчения асфальтового гранулята для вторичного использования

Одним из основных способов ремонта дорог с асфальтобетонным покрытием является фрезерование с последующим устройством нового слоя толщиной 5–6 см. Полученный в результате фрезерования асфальтовый гранулят, как правило, не перерабатывается, а используется взамен каменных материалов для устройства оснований и покрытий местных дорог и стоянок транспорта. Отечественный и зарубежный опыт показывает возможность его эффективного применения в составе новых асфальтовых смесей.

Асфальтовый гранулят после фрезерования представляет собой агрегаты размером от 5 до 60 мм, поэтому необходимым условием применения этого материала в составе асфальтобетонных смесей, где максимальный размер зерен ограничен, является его дробление в дробильно-сортировочных установках. После дробления количество зерен крупнее 20 мм уменьшается. На рис. 1 показаны данные АБЗ-4 «Капотня» [1] и фирмы Бенинхофен по составам гранулята до и после дробления. Гранулометрический состав гранулята после дробления существенно отличается от исходного состава минеральной части асфальтобетонной смеси, поскольку в нем практически отсутствуют фракции <1 мм, представленные мелкими частицами песка и минерального порошка. Эти частицы входят в состав более крупных агрегатов.

Введение дробленого асфальтобетона в состав асфальтобетонных смесей приводит к повышению их неоднородности за счет неопределенного состава компонентов внутри агрегатов. Повышение эффективности использования асфальтового гранулята может быть достигнуто за счет измельчения агрегатов с разделением их на составляющие компоненты.

Анализ различных способов измельчения материалов позволил предположить возможность использования для этих целей электромагнитных измельчителей (ЭМИ), обеспечивающих высокую эффективность из-

мельчения при низких затратах энергии и малой удельной металлоемкости аппаратов [2].

Принцип работы ЭМИ основан на преобразовании энергии магнитного поля в механическую энергию движения ферромагнитных мелющих тел. Схема лабораторной установки для электромагнитного измельчения материалов, изготовленной на АБЗ-4 «Капотня», приведена на рис. 2.

Установка состоит из индуктора 1, являющегося источником переменного электромагнитного поля; рабочей камеры 2, выполненной из немагнитного материала; ферромагнитных мелющих сферических частиц 3; конденсатора 4; измерительных приборов 5; источника регулируемого напряжения 6.

Источником регулируемого напряжения служит автотрансформатор. Диапазон регулирования амплитуды напряженности магнитного поля, создаваемого в рабочей камере, составляет 30–70 кА/м.

Оценка напряженности магнитного поля производится измерителем напряженности ПЗ-50, оборудованным антенной-преобразователем НЗ-50.1, обеспечивающей измерение в диапазоне до 100 кА/м.

Для оценки влияния различных технологических факторов на интенсивность измельчения рабочую камеру заполняли мелющими магнитными гранулами определенного диаметра, устанавливали требуемые параметры напряжения и соответственно напряженности магнитного поля. Затем включали установку в сеть и приводили в движение мелющие тела. Через приемную воронку в рабочую камеру подавали измельчаемый материал и контролировали время измельчения. Перед измельчением материал просеивали через набор сит и определяли исходный гранулометрический состав.

Для определения удельной поверхности гранулята в процессе измельчения использовали результаты исследований [3] по оценке удельной поверхности материалов различного фракционного состава, составляющих асфальтобетонную смесь.

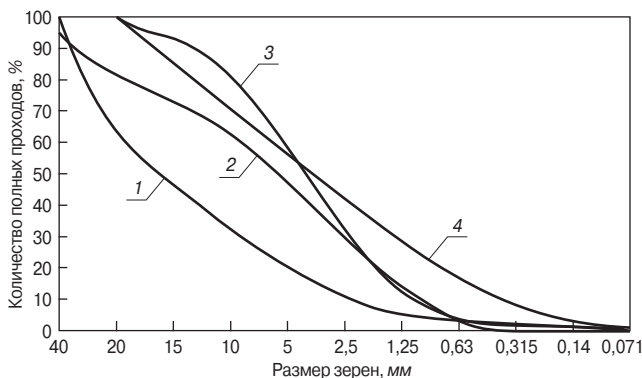


Рис. 1. Зерновые составы асфальтового гранулята после фрезерования (1, 2) и последующего дробления (3, 4) по данным АБЗ-4 «Капотня» (2, 4) и фирмы Бенинхофен (1, 3)

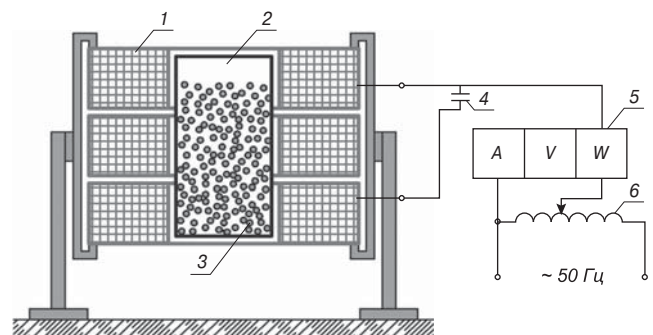


Рис. 2. Схема лабораторной установки для электромагнитного измельчения

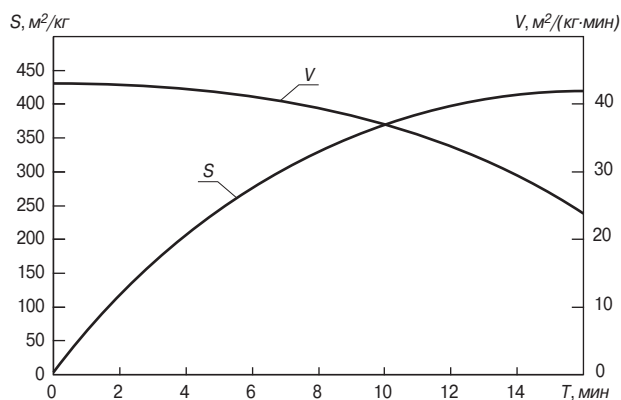


Рис. 3. Зависимость удельной поверхности (S) и скорости измельчения (V) гранулята от времени измельчения

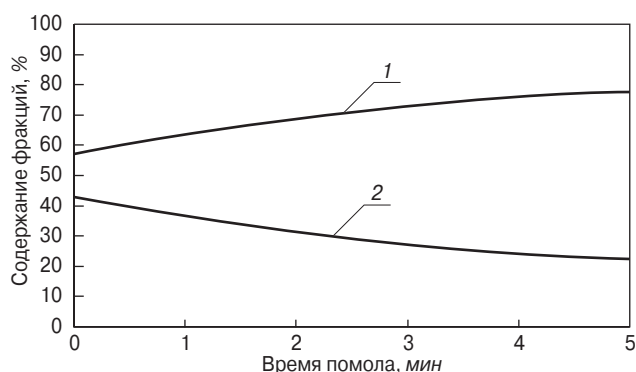


Рис. 4. Изменение фракционного состава гранулята в процессе помола: 1 – 0–1,25 мм; 2 – 1,25–10 мм

Среднюю удельную поверхность материалов до и после измельчения определяли как средневзвешенную величину по формуле:

$$S_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i \times P_i}{100}, \quad (1)$$

где S_i — удельная поверхность i -ой фракции, $\text{м}^2/\text{кг}$; P_i — содержание i -ой фракции, %.

В качестве показателя, характеризующего измельчаемость материала, был принят показатель скорости измельчения:

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}, \quad (2)$$

где V — скорость измельчения $\text{м}^2/(\text{кг}\cdot\text{мин})$; ΔS — приращение удельной поверхности $\text{м}^2/\text{кг}$; Δt — временной диапазон измельчения, мин.

В ходе экспериментальных работ исследован процесс измельчения асфальтового гранулята и входящих в его состав компонентов (щебня, песка) в зависимости от исходных размеров измельчаемых материалов.

Характерная зависимость изменения удельной поверхности асфальтового гранулята фракции 0–10 мм и скорости измельчения от времени измельчения приведена на рис. 3. Из приведенных данных следует, что наибольшая скорость измельчения (порядка $40 \text{ м}^2/(\text{кг}\cdot\text{мин})$) и соответственно интенсивность процесса имеет место во временном диапазоне до 5 мин. В дальнейшем скорость измельчения снижается до $25\text{--}30 \text{ м}^2/(\text{кг}\cdot\text{мин})$.

Изменение удельной поверхности гранулята связано с изменением его гранулометрического состава. В процессе помола происходит разделение агрегатов на более мелкие составляющие и измельчение исходных материалов (щебня, песка, минерального порошка). На рис. 4.

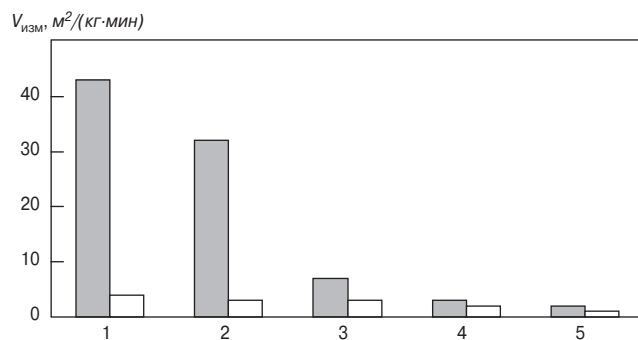


Рис. 5. Скорость измельчения асфальтовой крошки и составляющих ее компонентов при использовании ЭМИ (■) и шаровой мельницы (□): 1 – асфальтовая крошка 0–10 мм; 2 – песок 0–2,5 мм; 3 – асфальтовая крошка 0–25 мм; 4 – щебень гранитный 5–10 мм; 5 – асфальтовая крошка 10–25 мм

приведены графики изменения содержания мелкой (0–1,25 мм) и крупной (1,25–10 мм) фракций в составе асфальтового гранулята в процессе измельчения. Содержание мелкой фракции в течение пяти минут помола возрастает от 60 до 80%, а содержание крупной фракции соответственно сокращается от 40 до 20%.

Наряду с ЭМИ для измельчения использовали лабораторную шаровую мельницу МБ-10. Измельчаемые материалы подавались в сухом состоянии после рассева и разделения на соответствующие фракции. В качестве критерия измельчаемости использовали показатель скорости измельчения исходного продукта в лабораторной электромагнитной измельчительной установке и в шаровой мельнице. Результаты исследований, приведенные на рис. 5, показывают, что наиболее эффективно процесс измельчения мелкой асфальтовой крошки происходит в ЭМИ.

Скорость измельчения песка при меньших исходных размерах зерен заметно ниже и составляет $32,6 \text{ м}^2/(\text{кг}\cdot\text{мин})$. Более высокая скорость измельчения крошки по сравнению с песком меньшей крупности позволяет утверждать, что наряду с измельчением минеральных компонентов (щебня и песка) происходит дезагрегация асфальтовых гранул за счет разрушения битумных пленок и выделения материалов, составляющих гранулы. Интенсивность измельчения крошки 10–20 мм с увеличением ее размера снижается до $0,9 \text{ м}^2/(\text{кг}\cdot\text{мин})$.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- интенсивность измельчения асфальтового гранулята в ЭМИ существенно выше по сравнению с измельчением в шаровой мельнице;
- в процессе измельчения асфальтового гранулята одновременно происходит его дезагрегация и частичное измельчение составляющих компонентов (щебня и песка);
- скорость измельчения существенно зависит от исходных размеров асфальтовых гранул. Наиболее интенсивное измельчение происходит при размерах гранул до 10 мм.

Список литературы

1. Лунанов А.П., Балашов С.Ф., Кирюхин Г.И. Применение гранулята старого асфальтобетона при производстве асфальтобетонных смесей // Сб. «Строительство и эксплуатация дорог: Научные исследования и их практическое применение». Тр. МАДИ. 2006. С. 165–170.
2. Лунанов А.П. Методы и оборудование для электромагнитной обработки различных материалов. М.: РАСХИ, 2006. 57 с.
3. Королев И.В., Агеева В.И., Головкин В.А., Фоменко Г.Р. Дорожный теплый асфальтобетон. Киев: Вища школа. 1984. 200 с.

Т.М. ПЕТРОВА, д-р техн. наук, А.Ф. СЕРЕНКО, канд. техн. наук, Петербургский государственный университет путей сообщения; М.И. МИЛАЧЕВ, директор, Д.М. МИЛАЧЕВ, технолог, ООО «ФОРТ» (г. Новозыбков, Брянская обл.)

Механизм повышения прочности цементных систем комплексными добавками на ранней стадии твердения

Одним из наиболее перспективных путей совершенствования технологии производства бетонных и железобетонных изделий является внедрение беспрогревной или малопрогревной технологии, так как это требует меньших инвестиций и быстро дает эффект за счет экономии энергетических и материальных ресурсов.

Прочность цементных систем определяется их структурой, определяющую роль в которой играет пористость. В механике используется несколько математических выражений для описания зависимости прочности от пористости. Однако авторы [1] на основании анализа литературных и собственных данных пришли к выводу об ошибочности попыток увязать прочность цементных систем только с общей или капиллярной пористостью. Такая связь в многофазных композиционных материалах, каким является цементный камень, будет существовать лишь в пределах одного водоцементного отношения или при близких значениях В/Ц.

Однако именно учет дифференциальных характеристик распределения пор по размерам является необходимым звеном оценки прочности цементных систем. При одинаковом объеме пор уменьшение их среднего размера будет приводить к повышению однородности и прочности цементного камня.

В этой связи представляет интерес исследование влияния, которое оказывают комплексные добавки на структуру порового пространства цементных систем на ранней стадии твердения.

Согласно модели Пауэрса–Брунауэра [2] формирующийся тоберморитовый гель имеет слоистую структуру и развитую удельную поверхность около $180 \times 10^3 \text{ м}^2/\text{кг}$. Поры между частичками геля называются гелевыми, имеют размер от 2 до 4 нм и минимальный объем 28%, не зависящий от водоцементного отношения и изменяющийся в относительно узких пределах. Пространство, не занятое цементным гелем, называется капиллярными порами, которые оказывают определяющее влияние на физико-механические свойства цементного камня. К третьей группе относятся воздушные поры с размерами от 100 до 2000 мкм, пронизывающие цементный гель и уменьшающие его прочность.

Вопрос о виде и распределении пор цементного камня по размерам дискуссионный. Это связано со сложностью и многообразием полиминеральной полидисперсной структуры цементного камня, его способностью эволюционировать в зависимости от времени, влажности и условий твердения, с точностью и обоснованностью применяемых экспериментальных методов определения пористости.

Остается открытым вопрос о размерах гелевых пор, особенно в ранний период твердения цемента. Из того факта, что первыми в цементном тесте кристаллизуются этtringит и гидроксид кальция, можно предположить, что начальный период формирования структуры цементного камня поры геля имеют больший размер, чем свой-

ственные зрелому гелю, описанному Пауэрсом. По мере образования гидросиликатов кальция кристаллогидратный сросток уплотняется и средний размер пор геля уменьшается, а пик максимума гелевых пор на дифференциальной кривой распределения пор по размерам сдвигается в сторону меньших размеров.

Из сформулированной гипотезы следует, что через один и тот же период начального твердения, например через 12 ч, прочность одной и той же цементной системы будет тем выше, чем меньше средний размер пор геля, а все факторы, приводящие к уменьшению среднего размера пор геля, будут способствовать увеличению ранней прочности цементного камня.

Для экспериментальной проверки выдвинутой гипотезы при исследовании пористости цементного камня применялся метод протонного магнитного резонанса (ПМР) [3]. Для выявления взаимосвязи прочности и гелевой пористости цементного камня на ранней стадии твердения были использованы три состава равноподвижного цементного теста (нормальная плотность) на

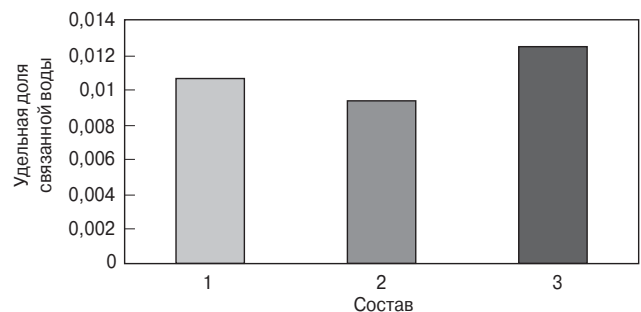


Рис. 1. Удельная массовая доля связанной воды в возрасте 12 ч, определенная методом ПМР: 1 – контрольный В/Ц 0,28; 2 – С-3 0,5% В/Ц 0,24; 3 – Петролафс 1% В/Ц 0,24

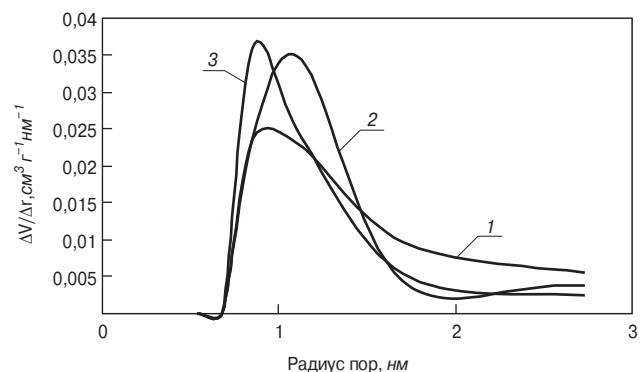


Рис. 2. Дифференциальное распределение пор в возрасте 12 ч: 1 – контрольный В/Ц 0,28; 2 – С-3 0,5% В/Ц 0,24; 3 – Петролафс 1% В/Ц 0,24

оскольском портландцементе ПЦ500Д0. Для снижения водоцементного отношения применялся суперпластификатор С-3. В качестве комплексной добавки использовалась добавка Петролафс пластифицирующе-ускоряющего действия согласно ГОСТ 24211–2003.

Для определения прочности готовились образцы-кубы цементного камня размером 2×2×2 см. Помимо этого в целях контроля степени гидратации с помощью ПМР определяли удельное содержание связанной воды (г воды/г образца) в возрасте 12 ч (рис. 1).

На рис. 2 приведены результаты определения дифференциального размера гелевых пор различных составов цементного камня в возрасте 12 ч.

Применение суперпластификатора С-3 приводит к формированию более рыхлой структуры кристаллогидратного сростка в возрасте 12 ч вследствие блокирующего эффекта добавки на ранней стадии гидратации, что подтверждается результатами определения количества удельной доли связанной воды (рис. 1). Пик среднего размера гелевых пор смещается в сторону больших размеров и составляет 1,2 нм. В этом случае даже существенное снижение водоцементного отношения не приводит к значимому увеличению прочности цементного камня по сравнению с контрольным составом без добавки (рис. 3).

Применение добавки Петролафс компенсирует блокирующий эффект суперпластификатора на ранней стадии твердения, что подтверждается степенью гидратации цементного камня (рис. 1). Пик среднего размера гелевых пор в этом случае смещается влево до величины 0,85 нм (рис. 2), что свидетельствует об уплотнении кристаллогидратного сростка за счет формирования гидросиликатов кальция. В результате прочность цементного камня увеличилась на 42%. При использовании только С-3 (при одинаковых В/Ц) прочность возросла на 8% (рис. 3).

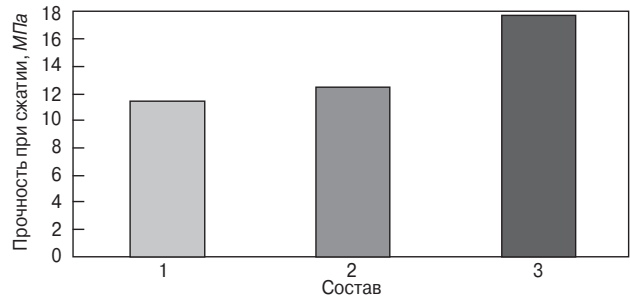


Рис. 3. Прочность цементного камня при сжатии в возрасте 12 ч: 1 – контрольный В/Ц 0,28; 2 – С-3 0,5% В/Ц 0,24; 3 – Петролафс 1% В/Ц 0,24

Экспериментальные данные, полученные на основе метода протонного магнитного резонанса, подтверждают гипотезу о зависимости размеров гелевых пор от времени твердения цементного камня. Механизм действия комплексных добавок ускоряюще-пластифицирующего действия на прочность цементных систем на ранней стадии твердения заключается в снижении капиллярной пористости и уплотнении кристаллогидратного сростка, о чем свидетельствует смещение пика гелевых пор в сторону меньших размеров.

Список литературы

1. *Бабков В.В. и др.* Структурообразование и разрушение цементных бетонов. Уфа: Уфимский полиграфкомбинат, 2002. 376 с.
2. *Пауэрс Т.К.* Физическая структура портландцементного теста // Химия цемента / Под ред. Х.Ф.У. Тейлора. М.: Стройиздат, 1969. С. 300–319.
3. *Бетехтин В.И. и др.* Концентрация микропор в цементном камне и их распределение по размерам // Цемент. 1989. № 10. С. 8–10.



Мы производим новые свойства бетона!

ООО «ФОРТ» – производитель эффективных модификаторов многоцелевого назначения для бетонов и строительных растворов

В ряду других производителей, в том числе зарубежных, добавки ООО «ФОРТ» выделяются сочетанием безопасности и технологичности применения с высокой эффективностью и доступной ценой

243020, г. Новозыбков Брянской обл., а/я 49
Тел./факс: (48343) 3-22-78, 3-24-17
E-mail: info@modifikator.ru www.modifikator.ru



Реклама



Международная научно-практическая конференция «Товарный бетон: новые возможности в строительных технологиях»

3–5 апреля 2008 г. в Харькове (Украина) состоялась I Международная научно-практическая конференция «Товарный бетон: новые возможности в строительных технологиях», в которой приняли участие более 100 специалистов и ученых Украины, Белоруссии, России. Организаторы конференции – Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры, журнал О.К.С., ООО «Медиа-Полис».



А.В. Ушеров-Маршак



Р.Ф. Рунова



А.Г. Бублиевский



А.А. Франивский

Современное строительство характеризуется массовым использованием товарного бетона, что обусловлено прежде всего увеличением доли кирпично-монолитного домостроения на строительном рынке. В крупных городах при таком виде строительства доля товарного бетона доходит до 60 %. Современный товарный бетон усложнился композиционно, углубился уровень науки о бетоне, на бетонных заводах и строительных площадках совершенствуется и изменяется техника для приготовления, транспортирования и укладки товарного бетона. В строительной инфраструктуре выделились производители товарного бетона и его потребители, компетенция и мера ответственности которых в обеспечении заданных свойств и качества материала и конструкций еще до конца не определены. Не преодолен ряд объективных и субъективных проблем в производственной сфере: традиционно низкое качество заполнителей; отставание нормативной базы от уровня развития технологии производства материалов и работ; подготовка кадров; практическое отсутствие методических пособий, справочной литературы и пр. Поэтому необходимость проведения конференции по товарному бетону с целью обсудить проблемы отрасли и поделиться опытом и новыми разработками не вызывала сомнений.

Открыл конференцию доклад д-ра техн. наук **А.В. Ушерова-Маршака** (Харьков), который заметил, что идея товарного бетона была высказана впервые в 1872 г. А. Диконсом (Англия), а первый патент на товарный бетон был выдан 10 января 1903 г. Ю. Магенсу (Германия). В настоящее время в мире производится более 3 млрд т/год. Контроль качества, развитие нормативной базы и др. задачи в Европе решает European ready mixed concrete organization, в Польше создана единая организация, занимающаяся контролем качества бетона при изготовлении, транспортировании, укладке и твердении. В России эти задачи пытается решать НП «Союз производителей бетона». Украина и Белоруссия такого рода организаций не имеет. Тем не менее проблема обеспечения качества бетона – краеугольный камень отрасли. До сих пор неизвестен механизм твердения бетона, влияния добавок и др. Бетон – материал простой, а наука о нем сложная.

Довольно подробный анализ факторов, определяющих свойства товарных бетонов, был сделан в докладе д-ра техн. наук **Р.Ф. Руновой** (Киев, Украина). Выявленные закономерности поведения бетонных смесей под влиянием технологических факторов (качество исходных материалов, добавки, заполнители и др.) являются результатом накопленного многолетнего опыта при совместной работе ученых и производителей. Этот опыт свидетельствует о том, что для бетонов нового поколения приоритетной является взаимная организованность элементов системы, когда уменьшаются значимость их индивидуальных свойств системы, определяющими становятся кооперативные явления. При этом могут возникать пороговые явления – скачкообразные изменения свойств, исследование и управление которыми являются предметом фундаментальных научных исследований с целью получения экстремального положительного результата. Эта особенность развития технологии, с одной стороны, значительно усложняет задачу проектирования состава бетона (часто делая ее практически нерешаемой в условиях заводской лаборатории), но с другой – позволяет совершенствовать и расширять функциональность получаемых бетонов при эффективном сотрудничестве научных школ и промышленных предприятий.

В работе конференции принял участие директор НП «Союза производителей бетона» **А.Г. Бублиевский** (Москва), который познакомил участников с целями и задачами Союза, с теми проблемами, которые приходится решать в настоящий момент. Основными направлениями деятельности Союза являются организация делового сотрудничества производителей бетона, защита прав потребителей этого сегмента строительного рынка. Союз постоянно решает отраслевые задачи, которые, как показывает мировая практика функционирования подобных профессиональных объединений, эффективнее и дешевле решать сообща.

Одним из крупных потребителей товарного бетона нового поколения является высотное строительство, которое широко развернулось в России и Украине. В настоящее время в крупных городах Украины (Киеве, Днепропетровске, Донецке, Харькове и др.) уже введены в эксплуатацию, строятся и проектируются более 50 зданий высотой от 100 до 250 м. Такое активное строительство, по мнению канд. техн. наук **А.А. Франивского** (Киев), ставит перед производителями товарного бетона следующие задачи: значительное увеличение объемов производства бе-

тона и увеличение производительности его укладки; повышение качества и создание новых видов товарного бетона, в первую очередь высокопрочных и самоуплотняющихся; обеспечение совместной работы бетона и стали, в том числе с применением жесткой арматуры (швеллеров, двутавров и др.).

Неподдельный интерес вызвал у аудитории доклад канд. техн. наук **Г.С. Кардунян** (Москва) «Уникальные бетоны и технологии в современном строительстве», в котором был обобщен опыт подбора состава и технологии проведения работ при строительстве ряда уникальных объектов в Москве – это ММДЦ «Москва-Сити», тоннели Третьего транспортного кольца Москвы в Лефортово и под Ленинским пр., коллектор для инженерных коммуникаций Ø4 м под ул. Б. Дмитровка и др. В основе разработанной технологии лежит концепция бетонов с высокими эксплуатационными свойствами: при использовании местного сырья и модификаторов, чтобы обеспечить требуемые физико-технические свойства. Эта технология уже нашла применение при сооружении многофункционального комплекса MIRAX Plaza – самого высокого здания на Украине, расположенного по адресу ул. Глыбочицкая, 43, Киев. В феврале этого года состоялась непрерывная заливка фундаментной плиты башни «А». Ее заливали непрерывно 30 ч. Объем заливаемого бетона составил 2,5 тыс. м³. Площадь фундаментной плиты – 850 м², высота – 3 м. При подборе состава был учтен опыт, приобретенный на ММДЦ «Москва-Сити».

С комплексным подходом к разработке различных добавок системы Релаксол® познакомил канд. техн. наук **Т.В. Бабаевская** (Запорожье, Украина). В основу разработок положена методология, учитывающая функциональность добавок, включая совместимость отдельных компонентов и цемента; в них преодолена асимметричность технологической информации с использованием данных калориметрического анализа и др. физико-химических методов. Такой подход позволил разработать систему комплексных добавок, решающую различные химико-технологические задачи направленного регулирования составов, структуры, процессов и свойств цементов, бетонных смесей и бетонов.

Об особенностях восстановления монолитного железобетона, эксплуатируемого в агрессивных условиях очистных сооружений, рассказал д-р техн. наук **В.Э. Абсиметов** (Белгород, Россия). Для ремонта резервуаров был использован мелкозернистый бетон класса В25 с добавкой суперпластификатора С-3, подвижность бетонной смеси была П5. Использование суперпластификатора позволили увеличить плотность и соответственно водонепроницаемость бетона. Десятилетний срок интенсивной безремонтной эксплуатации сооружений подтвердил правильность выбранной технологии ремонта.

Несмотря на то что в Белоруссии высотного строительства пока не ведется, тем не менее опытом возведения зданий и сооружений из монолитного бетона поделился директор Института БелНИИС канд. техн. наук **М.Ф. Марковский** (Минск, Белоруссия); методику проектирования составов модифицированного бетона, основанную на совместном решении полученных математических моделей удобоукладываемости бетонной смеси и прочности бетона с последующей корректировкой по данным пробных замесов, представил д-р техн. наук **Н.П. Блещик** (Минск).

Производство современного товарного бетона невозможно без автоматизации производства. С новинками ЗАО «Бетонмаш» бетоносмесительного оборудования познакомил **Л.М. Португальский** (г. Славянск Донецкой обл., Украина). Разрабатываемые новые и реконструируемые бетоносмесительные узлы и заводы оснащены АСУ, компьютерами, системами видеонаблюдения, влагомерами песка и системой коррекции доз воды в зависимости от его влажности. Дозирование компонентов производится в два этапа: грубо и точно, что позволяет минимизировать погрешность дозирования цемента. Кроме того, предприятие выпускает планетарно-роторные смесители емкостью 0,5; 1 и 2 м³, двухвальневые смесители 2 и 3 м³, бетоносмесительные установки 20, 40 и 60 м³/ч.

Много внимания в докладах было уделено обеспечению качества монолитных конструкций из бетона. Отмечено, что контроль качества и мониторинг свойств бетона в конструкции явно неадекватны достигнутому технологическому уровню. Нормативная база в этом плане безнадежно отстала. Многие важнейшие аспекты обеспечения качества ведения рабочей документации (журналы бетонных работ, акты, и т. п.) определяются устаревшими СНиПами и ГОСТами, не предложены какие-либо способы организации системы обеспечения качества на разных уровнях с определением ответственности исполнителей. Журналы бетонных работ с результатами испытаний контрольных образцов и неразрушающих определений ведутся по устаревшим схемам и носят формальный характер.

Обеспечение условий адекватности проектируемого и достигнутого качества есть искусство, обязанность и ответственность всех участников многостадийного и сложного процесса производства товарного бетона. При обсуждении бетонов нового поколения участники конференции постарались отделить реальность от рекламы.

Участники конференции посетили также Слобожанский комбинат строительных материалов и строительные объекты ОАО «Спецстроймонтаж» в Харькове.

Хорошая организация конференции позволила обсудить многие проблемы и узнать о новых достижениях бетоноведения в дружеской и творческой обстановке.

И. В. Козлова,
канд. физ.-мат. наук



Т.В. Бабаевская



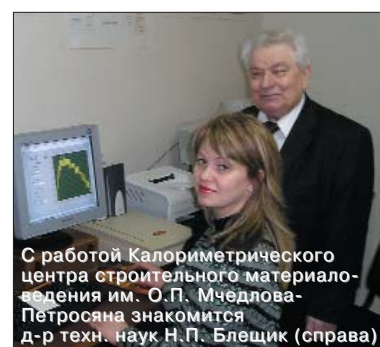
Л.М. Португальский



Проблемы производства НР-бетона обсуждают (слева направо) канд. техн. наук Г.С. Кардунян, канд. техн. наук М.Ф. Марковский, д-р техн. наук Р.Ф. Гунова



С большим вниманием участники конференции слушали выступления своих коллег



С работой Калориметрического центра строительного материаловедения им. О.П. Мчедлова-Петросяна знакомится д-р техн. наук Н.П. Блещик (справа)

А.А. БОРЩЕВСКИЙ, д-р техн. наук,
Московский государственный строительный университет;
В.В. ИВАНОВ, инженер, ГУП НИИ Мосстрой

О работоспособности вибропогружателя каркасов буронабивных свай в бетонную смесь

В практике изготовления буронабивных свай часто встает задача погружения арматурных каркасов в заполненную бетонной смесью скважину.

Процесс погружения каркасов в бетонную смесь может быть интенсифицирован при помощи вибропогружателя, возбуждающего направленные вертикальные колебания.

В ранее опубликованных работах [1] рассмотрена возможность и приведено расчетное обоснование применения двухвального центробежного самосинхронизирующегося вибровозбудителя в простейшем вибропогружателе для погружения каркасов буронабивных свай в бетонную смесь. Самосинхронизирующийся двухвальный центробежный вибровозбудитель, как доказал И.И. Блехман, должен иметь три степени свободы [2, 3]. Для этого на погружаемом элементе его закрепляют шарнирно. Однако в нашем случае податливость бетонной смеси и упругость арматурного каркаса обеспечивают необходимую третью степень свободы при жестком закреплении вибровозбудителя на каркасе. Это было проверено и подтверждено расчетами и экспериментальным путем.

Главными целями экспериментальных исследований являлись проверка работоспособности вибропогружателя и экспериментальное определение возможности возникновения и условий устойчивости самосинхронизации.

Эксперименты производились в лабораторных условиях на изготовленном в натуральную величину измерительном стенде. Дополнительно контроль возникновения самосинхронизации роторов осуществлен при полевых испытаниях вибропогружателя на строительных площадках Москвы.

Измерительный стенд имитирует погружение арматурного каркаса в скважину, заполненную бетонной смесью, с возможностью измерения параметров вибрации каркаса (виброскорости и виброускорения) в точках на различных глубинах.

Стенд (рис. 1) представляет собой установленную вертикально трубу длиной 5 м с заглушенным нижним торцом. В нижней части трубы (на дне) располагается амортизатор-демпфер, выполненный в виде двухслойной подушки из пористой резины толщиной 400 мм для исключения передачи вибрации на пол цеха.

В трубу погружен арматурный каркас сваи длиной 6,5 м; верхняя часть каркаса длиной 1,5 м, предназначенная для установки вибропогружателя, находится на открытом воздухе.

На каркас установлены пьезоаксельрометры типа КД-35 на глубине l_1 и l_2 от верхнего обреза трубы.

На дебалансные валы вибраторов установлены индукционные датчики угла поворота для определения синхронности их вращения.

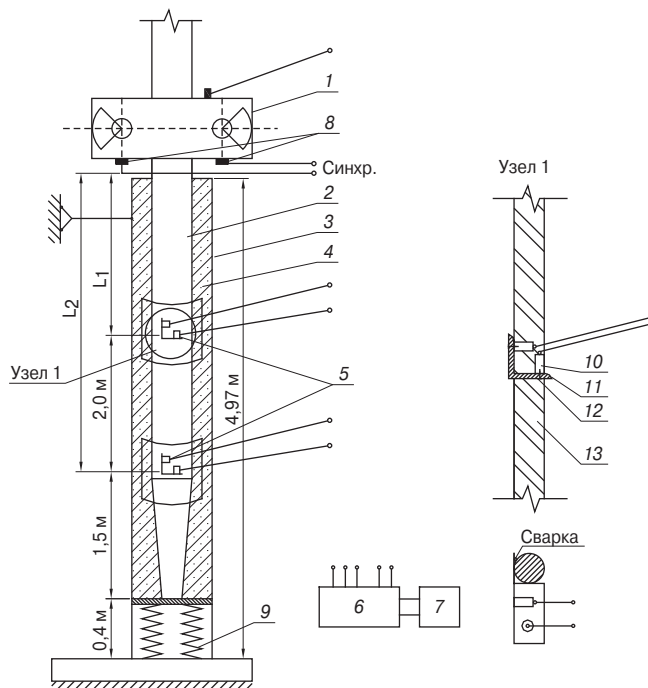


Рис. 1. Схема измерительного стенда: 1 – вибропогружатель; 2 – арматурный каркас; 3 – труба 325; 4 – бетонная смесь; 5 – пьезоаксельрометр; 6 – виброметр; 7 – осциллограф 2-лучевой; 8 – датчики угла поворота; 9 – демпфер; 10 – датчик пьезоаксельрометра; 11 – уголок 40×40 мм; 12 – крепежный винт; 13 – стержень рабочей арматуры

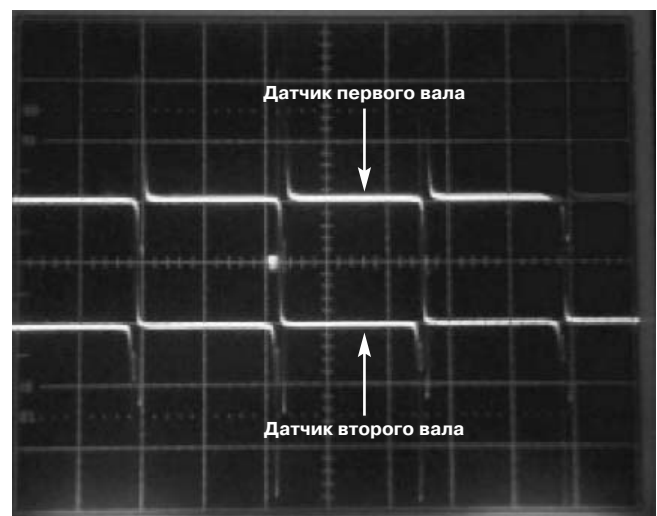


Рис. 2. Осциллограммы углов поворота дебалансных валов

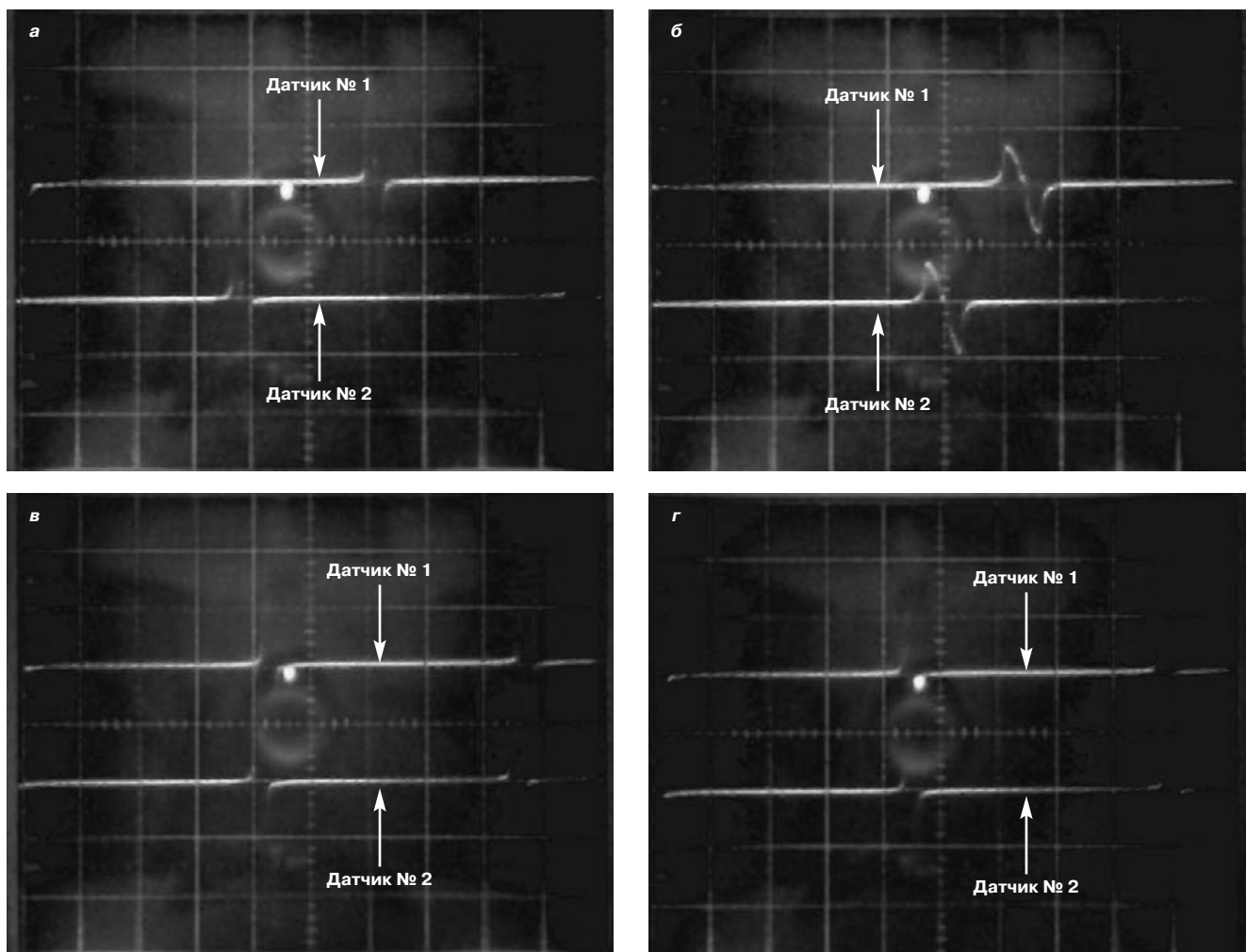


Рис. 3. Разгон вибровозбудителей с выходом на режим самосинхронизации: а – 0,2 с, синхронизация отсутствует; б, в – разгон; г – 1,8 с, осциллограммы симметричны, вращение роторов синхронно

Кабели датчиков поворота подсоединены к 2-канальному осциллографу multitronics 2235A. С датчиков пьезоаксельрометров сигнал передается на цифровой виброметр ВВМ-201, имеющий аналоговый выход на осциллограф.

Каждая серия состояла из восьми экспериментов, в ходе которых проводили измерения эффективных значений виброускорения и виброскорости на каждом датчике в течение 5–10 минут с дискретностью 10 с. Измерения проводили после разгона валов вибровозбудителей при выходе системы на рабочий режим.

В течение всех серий экспериментов независимо контролировали сигнал, поступающий с датчиков угла поворота валов вибровозбудителей. Характерные осциллограммы углов поворота валов представлены на рис. 2

В результате проведенных экспериментов установлено:

- вибропогрузатель имеет работоспособную конструкцию и достаточно жестко закрепляется на арматурном каркасе. Проскальзывание клеммы крепления на каркасе при обеспечении проектного сжимающего усилия 3,7 т незначительно и не влияет на работу машины;
- устойчивая самосинхронизация наблюдалась во всех экспериментах, при различных вариантах установки вибровозбудителей и различной глубине погружения каркаса 2–6 м;

- по результатам сравнения осциллограмм, полученных с датчиков угла поворота, можно сделать вывод о том, что самосинхронизация роторов происходит в течение 2–3 с с момента запуска электродвигателей (рис. 3), время выхода вибропогрузателя на рабочий режим составило 5–7 с;

- неравномерность вращения дебалансных валов в установившемся режиме не превышает 8–12% для использованной в эксперименте бетонной смеси;
- полученные в ходе экспериментов значения вертикальной составляющей виброускорения на нижнем датчике достигали 14g. Затухание виброускорения по длине каркаса составило 9–20%;
- амплитуда колебаний в месте установки вибропогрузателя составила порядка 2,5–3 мм для каркаса, погруженного на глубину 5 м.

Внедрение нового вибропогрузателя в производство выполнено на ряде объектов Москвы при устройстве буронабивных свай по РИТ-технологии.

Список литературы

1. Борщевский А.А., Алимжанов М.Д., Иванов В.В. Динамика вибропогрузателя с клеммовым креплением для погружения в бетонную смесь каркасов буронабивных свай // Строительные и дорожные машины. 2008. № 2.
2. Блехман И.И. Синхронизация динамических систем. М.: Наука, 1971.
3. Быховский И.И. Основы теории вибрационной техники. М.: Машиностроение, 1969. 363 с.

Некоторые представления о ползучести бетона

Среди материалов, применяемых в строительстве, бетон и железобетон являются самыми востребованными. Производство бетона в год составляет 1 т на каждого жителя земли. В России этот показатель выше мирового уровня. Любое улучшение строительных свойств бетона – совершенствование составов, технологии изготовления бетонов, методов расчета и проектирования дает большой экономический эффект.

В настоящее время проблема безопасности и повышения надежности бетонных и железобетонных конструкций приобретает первоочередное значение.

Надежность и долговечность бетонных и железобетонных сооружений не может быть обеспечена без полного учета природы и особенностей деформирования бетона во времени.

Прогнозирование длительного деформирования бетона и связанного с этим перераспределения напряжений между бетоном и арматурой является актуальным, определяющим надежность и долговечность сооружений.

Для физического объяснения явления ползучести бетона выдвинут ряд теорий [1–5], многочисленность, а порой и противоречивость которых свидетельствуют о сложности данного вопроса.

Интересна модель И.Н. Ахвердова [1], рассматривающая цементный камень как микробетон, в котором заполнителем служат цементные ядра. Связующим элементом служат окаймляющие их менее плотные новообразования. Деформация ползучести цементного камня рассматривается как псевдовязкое течение, сопровождающееся разрывами упругих связей между субмикроструктурами. В отличие от пор заполнителя препятствуют течению новообразований, замедляют возникновение трещин, изменяют напряженное состояние и тем самым уменьшают величину ползучести бетона. Более подробное описание существующих физических теорий можно найти в работах З.Н. Цилюсани [6], А. Невила [7] и др.

Анализ показал, что существующие физические теории бетона не полностью объясняют физику явления во всей его сложности даже с качественной стороны. Тем более нет физической теории, способной количественно описывать ползучесть и изменения физико-механических свойств бетона во времени. Поэтому для количественного описания появились феноменологические теории, устанавливающие соотношения между деформациями и напряжениями во времени, основанные на результатах механического испытания материала. Основу подобных теорий, как правило, составляют экспериментально обоснованные гипотезы. Критерием правильности феноменологических теорий служит совпадение теоретических и опытных значений.

Для специалистов – технологов по бетону и железобетону представляет интерес понимание природы деформаций бетона.

Бетон является композиционным материалом, в нем зерна заполнителя закреплены в монолит кристаллогидратным каркасом цементного камня. Структура бетона имеет ряд несовершенств в виде пор и микрощелей, заполненных адсорбированной или свободной водой.

Упругая деформация такого композиционного материала складывается из упругой деформации заполнителя, кристаллической или кристаллогидратной части цемент-

ного камня, а также из упругой деформации пор и щелей, в которых содержится адсорбционно-связанная и свободная вода.

Упругая деформация заполнителя, состоящего из минералов, осуществляется в результате изменения под нагрузкой межатомных расстояний в кристалле. Кристаллический каркас цементного камня по своей структуре представляет собой кристаллики цементного камня, покрытые водной пленкой, обеспечивающей за счет ионных и ковалентных сил прочную связь. В упруго-мгновенных деформациях бетона межкристаллические водные прослойки участвуют как твердое тело.

Определенную часть упругомгновенной деформации бетона составляют деформации пор и щелей, заполненных адсорбированной и свободной водой.

Бетон при снятии нагрузки обладает свойством частично (вязко) восстанавливаться. Это осуществляется под действием адсорбционных сил и реакции упругих элементов структуры цементного камня, препятствовавших ранее вязкому течению системы. Заметное влияние на обратимые деформации ползучести оказывает водосодержание образца, окружающие условия, в которых он испытывается, а также возраст бетона. Все это проявляется в виде изменения вязкого течения геля, зависящего от водосодержания структуры.

Возраст бетона влияет на обратимые деформации двояко: с одной стороны, это изменение содержания воды в структуре материала, с другой – уменьшение во времени отношения коагуляционных и кристаллических контактов. Уменьшение относительной влажности бетона снижает сопротивление воды вязкому течению, увеличивая тем самым деформативность. Одновременно с этим повышается вязкость самого геля и увеличивается сила внутреннего трения, что снижает деформативность. Отмеченное выше подтверждается результатами опытов, которые были проведены в НИИЖБ.

Испытания бетонных призм [9] (рис. 1) показали, что обратимые деформации ползучести линейно зависят от вызвавших их напряжений до уровня напряжений, соответствующих длительной прочности бетона, и существенно зависят от возраста бетона.

При силовом воздействии на бетон в нем обнаруживаются деформации, носящие необратимый характер. Эта необратимость связана с изменением структуры бетона под нагрузкой и названа А.А. Гвоздевым [10] необратимой деформацией первого рода. Она проявляется как при однократном (повторном) воздействии нагрузки, так и при длительном статическом приложении нагрузки.

Существуют также необратимые деформации второго рода, связанные со старением бетона. Анализ экспериментальных данных показал, что необратимые деформа-

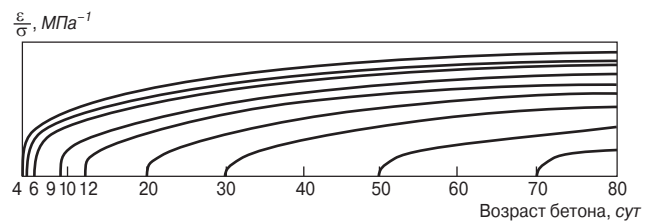


Рис. 1. Зависимость обратимой деформации ползучести от возраста бетона

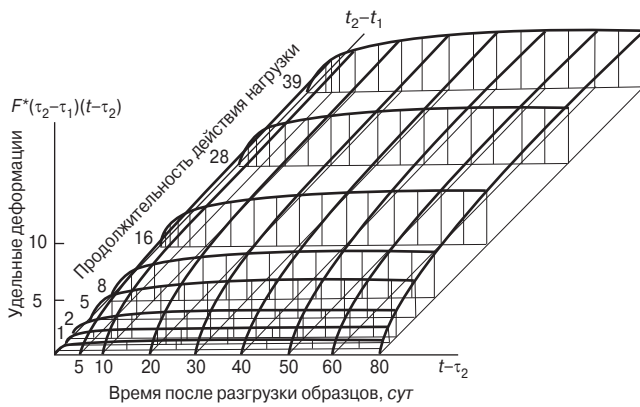


Рис. 2. Зависимость накопления деформации ползучести первого рода

ции первого рода проявляются вследствие микротрещинообразования в структуре, уплотнения тела бетона и др.

Приложение нагрузки к бетону приводит к тому, что в отдельных микрообъемах структуры происходит перенапряжение и, как следствие, образуются микротрещины. Они способствуют перераспределению напряжений и, в свою очередь, вовлекают в этот процесс смежные зоны.

При трещинообразовании реализуются необратимые дислокации и накопление вакансий, приводящие к зарождению новых трещин.

На рис. 2 представлены результаты экспериментов [9], которые показывают, что накопление необратимой деформации ползучести первого рода протекает относительно быстро. Как видно (рис. 2), необратимые деформации первого рода существенно зависят от длительности действия нагрузки. Частично проявившись при кратковременном действии нагрузки, они добираются в последующем.

Особенность необратимых деформаций второго рода заключается в том, что они есть результат физико-химических процессов и длительности действия нагрузки, имеют место в упрочняющемся бетоне и отсутствуют в бетоне зрелого возраста.

Под влиянием длительно действующей нагрузки в упрочняющемся бетоне в результате миграции в порах и щелях свободная вода взаимодействует с ранее не гидратированным цементом, вследствие чего появляются новообразования в виде коагуляционных и кристаллизационных контактов, которые способствуют возникновению дополнительных упругих связей, препятствующих при разгрузке полному восстановлению деформаций цементного камня в бетоне.

Упрочнение цементного камня во времени снижает относительный уровень действующей нагрузки и приводит к уменьшению доли обратимых деформаций.

В развитие идей Дж. Глюклиха [8], П.И. Васильева и А.А. Гвоздева разработана нелинейная теория Гвоздева–Галустова [9, 10], которая наиболее полно учитывает свойства бетона деформироваться во времени. По этой теории деформации ползучести бетона состоят из двух компонент. Первая компонента представляет обратимую часть деформации ползучести, включая необратимую ее часть, обусловленную старением бетона, и названа необратимой деформацией ползучести второго рода.

Вторая компонента — превышение деформации ползучести над ее линейной (обратимой) частью принимается нелинейной и полностью необратимой и названа необратимой деформацией ползучести бетона первого рода. Эта нелинейная теория названа А.А. Гвоздевым двухкомпонентной теорией ползучести бетона.

Н.Х. Арутюнян [5] показал, что другие уравнения нелинейной теории ползучести бетона не учитывают смягчения нелинейности деформирования бетона во времени и не устраняют погрешности, связанной с применением принципа суперпозиции.

В двухкомпонентной теории ползучести бетона нелинейностью наделяются только необратимые деформации первого рода (структурного происхождения), а обратимые деформации ползучести бетона линейно зависят от напряжений.

Экспериментально доказано [9], что обратимые деформации ползучести бетона линейно зависят от вызвавших их напряжений и что они подчиняются принципу наложения воздействий.

Это позволяет построить уравнения теории ползучести бетона, которые более полно отражают реальное поведение бетона:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E(t)} + \frac{R(t)}{E(t)} \int_{\tau_1}^t S(\tau) K(t, \tau) d\tau + \int_0^{S_{\max}} (S) F[T(S, \tau)] dS. \quad (1)$$

В уравнении (1) первый член правой части представляет упругую деформацию, второй — обратимую деформацию ползучести бетона, третий — необратимую деформацию ползучести бетона первого рода; обозначения использованных величин и их физический смысл изложены в [9].

Показано [9, 10], что компонента деформации ползучести бетона, подчиняющаяся принципу наложения, включает в себя обратимую деформацию и необратимую деформацию второго рода (обусловленную старением). Тогда уравнение состояния запишется следующим образом:

$$\varepsilon(t) = Y(t) + \int_{\tau_1}^t Y(\tau) L_1(t - \tau, \tau) d\tau + \int_{\tau}^t Y(\tau) L_2(\tau) d\tau + \int_0^{S_{\max}} S_1^a(t) F[T(S_1, t)] dS_1. \quad (2)$$

Уравнение (2) является общим, из него как частные случаи могут быть получены уравнения наследственной теории старения, теории старения, теории упругой наследственности.

Строго говоря, природа деформирования бетона в различных условиях значительно сложнее и зависит от большего числа факторов. В работе отмечены наиболее существенные причины деформирования бетона. Знание этих обстоятельств позволяет более осмысленно подходить к подбору состава бетона с учетом факторов, влияющих на его эксплуатационные свойства.

Список литературы

1. Ахвердов И.Н. Высокопрочный бетон. М.: Госстройиздат, 1961. 265 с.
2. Баженов Ю.М. Бетон при динамическом нагружении. М.: Изд лит. по стр-ву, 1970. 249 с.
3. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. М.: Госстройиздат, 1961. 96 с.
4. Шейкин А.Е. Упругопластические свойства бетона на цементе различного минералогического состава. Тр. МИИТ «Строительная механика и мосты». М.: Транспорт, 1950. С. 28–36.
5. Арутюнян Н.Х. Колмановский В.Б. Теория ползучести неоднородных тел. М.: Наука, 1983. 336 с.
6. Цилюсани З.Н. Усадка и ползучесть бетона. Тбилиси: Изд-во АН Гр. ССР, 1963. 173 с.
7. Newill A. Theories of creep in concrete // Am. Conc. Inst. Journ. Proc. 1955. V. 52. № 1.
8. Gluklich J. Rheological behavior of hardened cement paste under low stresses // ACI Journal, Proc. 1959. V. 56. № 4.
9. Галустов К.З. Нелинейная теория ползучести бетона и расчет железобетонных конструкций. М.: ФМ, 2006. 248 с.
10. Гвоздев А.А. Опыт теории ползучести бетона // Изд. АН СССР, ОТН. 1943. № 9–10. С. 84–95.

Длительные деформации вибропрессованного бетона

Длительные деформации обычного бетона обусловлены действием капиллярных сил при частичном удалении влаги из пор и капилляров и уменьшением объема тоберморитового геля при удалении из него адсорбционно-связанной воды [1], вязким течением гелевой составляющей цементного камня, протекающими между кристаллическими и коагуляционными контактами цементного камня процессами, перераспределением во времени напряжений между структурными составляющими цементного камня и бетона, возникновением микротрещин и других дефектов [2]. На величину длительных деформаций оказывают влияние характеристики используемых заполнителей, объемное соотношение крупного заполнителя и растворной части бетона, расход и вид цемента, водоцементное отношение, способ уплотнения, режим твердения бетона и др.

Действия этих факторов неоднозначны при различных их комбинациях, поэтому прогноз длительных деформаций даже для обычного бетона представляет известные трудности. При твердении бетона под давлением к перечисленным выше факторам добавляется еще режим прессования бетонной смеси.

В настоящей работе исследовали влияние вибропрессования на величину и характер протекания длительных деформаций параллельным испытанием образцов из вибропрессованного и обычного бетона. Образцы из вибропрессованного бетона в течение 8 ч твердели под давлением 3 и 6 МПа с одновременной термообработкой. Контрольные образцы из обычного бетона подвергались только аналогичному режиму вибрирования и термообработки.

Экспериментальные исследования проводились в специально оборудованной климатической камере, в которой поддерживался постоянный во времени температурно-влажностный режим. Для длительного нагружения образцов была разработана специальная силовая установка, способная стабильно поддерживать заданный режим нагружения [3]. Уровень нагружения образцов соответствовал напряжениям, равным $\sigma_b = 0,3R_b$, где R_b – призмная прочность бетона; возраст бетона в момент нагружения составлял $\tau = 7$ сут.

Установлено, что усадочные деформации вибропрессованного бетона значительно отличаются от аналогичных деформаций обычного бетона. Твердение бетона под давлением позволяет в значительной степени снизить деформации усадки.

Результаты экспериментальных исследований (рис. 1) показывают, что в образцах, подвергнутых вибропрессованию, в первые 5–10 сут после снятия давления наблюдалось возникновение деформаций релаксации – увеличение образцов в объеме (вместо уменьшения, как это имеет место в исходном бетоне), связанное с релаксационными процессами. В последующие дни возникла усадочная деформация, которая превалировала над релаксацией, и усадочные деформации вибропрессованного бетона принимали привычный для обычного бетона характер деформирования.

Следует заметить, что полученные экспериментальные путем кривые не отражают истинной картины

собственных деформаций вибропрессованного бетона, так как в них отсутствует упругая часть деформаций релаксации ϵ_{po} , возникшая немедленно после снятия давления и до начала наблюдения за развитием собственных деформаций.

Таким образом, собственные деформации вибропрессованного бетона $\epsilon_c(t)$ складываются из усадочных деформаций $\epsilon_{sh}(t)$ и деформаций релаксации $\epsilon_{po}(t)$. Деформации релаксации, в свою очередь, состоят из упругой части, возникающей вслед за снятием давления, и неупругой, продолжающейся во времени.

Для получения фактических значений собственных деформаций необходимо наложить на экспериментально полученные кривые упругую часть деформаций релаксации ϵ_{po} и часть пластической деформации, которая успела развиться до начала измерений собственных деформаций (рис. 2). Полученные результаты показывают, что характер протекания собственной деформации вибропрессованного бетона отличается от характера протекания аналогичных деформаций исходного бетона. Особенно это ярко проявляется при давлении прессования больше 3 МПа. Величина собственной деформации бетонов, подвергнутых вибропрессованию, значительно меньше подобной деформации исходного бетона, причем с увеличением давления прессования наблюдается снижение и величины собственных деформаций.

Для прогнозирования деформации усадки виброгидропрессованного бетона положим:

$$\epsilon_{yB}(t=\infty) = \epsilon_y(t=\infty)K_y, \quad (1)$$

где $\epsilon_{yB}(t=\infty)$ – конечное значение деформации усадки вибропрессованного бетона; $\epsilon_y(t=\infty)$ – то же, обычного бетона; K_y – коэффициент, учитывающий снижение деформации усадки в результате вибропрессования.

Учитывая затухающий характер снижения деформации усадки при вибропрессовании, можем принять для его описания функцию вида:

$$K_y = e^{-bP_{np}}. \quad (2)$$

С учетом уравнений (1) и (2) зависимость для прогнозирования деформации усадки виброгидропрессованного бетона во времени примет вид:

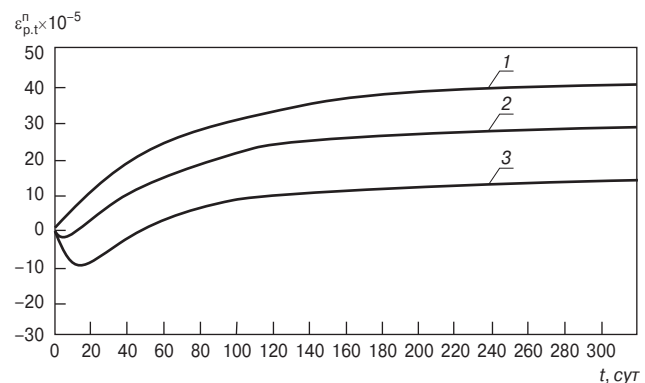


Рис. 1. Экспериментальные кривые собственных деформаций бетона: 1 – обычного; 2 – твердеющего под давлением 3 МПа; 3 – то же 6 МПа

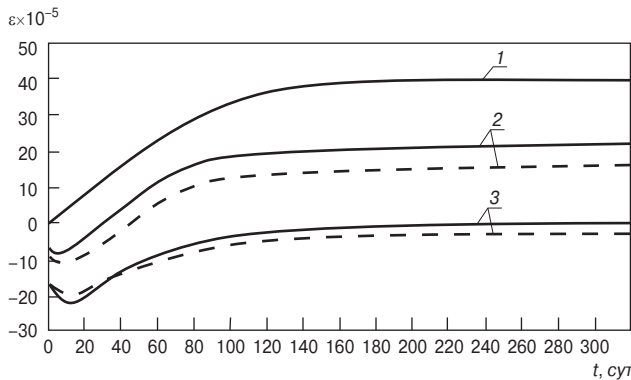


Рис. 2. Суммарные собственные деформации бетона: 1 – обычного; 2 – твердеющего под давлением 3 МПа; 3 – то же 6 МПа. Сплошные линии – экспериментальные данные; пунктир – расчетные данные

$$\varepsilon_{yB}(t = \infty) = \varepsilon_y(t = \infty) [1 - e^{\alpha t}] \cdot e^{-0,079 P_{np}} \quad (3)$$

Суммарная величина собственных деформаций, полученная путем сложения деформации релаксации и деформации усадки, запишется в форме:

$$\varepsilon_c(t) = \varepsilon_y(t = \infty) e^{-0,079 P_{np}} (1 - e^{-0,014 t}) - \frac{P_{np}}{E_{bB}} \left[(1 - 2\nu_b) + \left(1,4 - \frac{P_{np}}{10,3}\right) (1 - e^{0,2 t}) \right], \quad (4)$$

где P_{np} – величина давления прессования; E_{bB} – модуль упругости вибропрессованного бетона; ν_b – коэффициент Пуассона.

Первое слагаемое формулы (4) выражает изменение деформации усадки вибропрессованного бетона во времени, а вторая – деформации релаксации. Полученные по формуле (4) деформации удовлетворительно согласуются с опытными (рис. 2), что позволяет рекомендовать ее для прогнозирования собственных деформаций вибропрессованного бетона.

Установлено также, что виброгидропрессование способствует существенному снижению меры ползучести бетона (рис. 3). Так, при твердении бетона под давлением 3 МПа снижение меры ползучести составляет порядка 80%, а при твердении под давлением 6 МПа оно достигает почти 120%.

Уменьшение меры ползучести при увеличении давления прессования происходит по экспоненциальному закону. В интервале давления прессования 0–3 МПа наблюдалось интенсивное уменьшение меры ползучести, а при последующем повышении давления прессования с 3 до 6 МПа скорость снижения меры ползучести заметно замедлялась.

В качестве аналитической зависимости развития во времени меры ползучести обычного бетона $C(t, \tau)$ наиболее широко используется выражение, предложенное Н.Х. Арутюняном:

$$C(t, \tau) = (C_0 + \frac{A_1}{\tau}) [1 - e^{-\alpha(t-\tau)}], \quad (5)$$

где C_0 , A_1 и α – коэффициенты, определяемые экспериментально.

При вибропрессовании величина меры ползучести уменьшается, и приведенная формула (5) не может использоваться для выражения меры ползучести виброгидропрессованного бетона.

Решить задачу можно двумя способами. Первый способ заключается в подборе для кривых мер ползучести вибропрессованного бетона новых опытных коэффициентов, второй – во введении в аппроксимирующую зависимость меры ползучести исходного бетона переходного коэффициента K_c , учитывающего

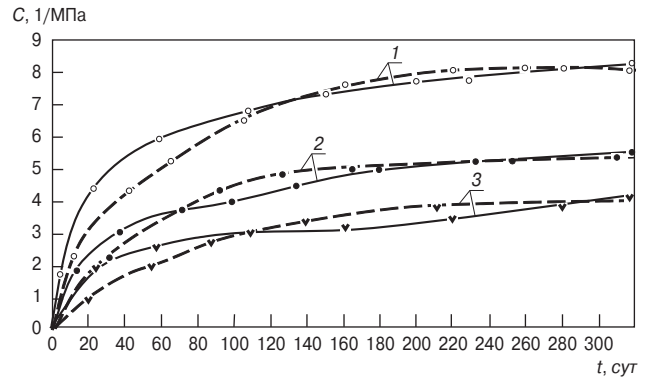


Рис. 3. Изменение во времени меры ползучести бетона: 1 – обычного; 2 – твердеющего под давлением 3 МПа; 3 – то же 6 МПа. Сплошные линии – экспериментальные данные; пунктир – расчетные данные

влияние виброгидропрессования на меру ползучести указанного бетона.

Второй способ более целесообразен, он позволяет при последующем наборе достаточного статистического материала включить коэффициент K_c в нормы проектирования и при известном значении меры ползучести исходного бетона переходить к соответствующим характеристикам виброгидропрессованного бетона.

С учетом сказанного меры ползучести вибропрессованного бетона $C_B(t, \tau)$ можно записать в виде:

$$C_B(t, \tau) = C(t, \tau) K_c, \quad (6)$$

где $C(t, \tau)$ – мера ползучести невибропрессованного бетона; K_c – переходной коэффициент, равный

$$K_c = \frac{C_B(t, \tau)}{C(t, \tau)} \leq 1.$$

Анализ численных значений K_c показывает, что пределы его изменения сравнительно невелики (0,4–0,7); если рассматривать величину K_c применительно к напорным трубам, то пределы его изменения (0,5–0,51).

С учетом вышеизложенного формулу (5) для вибропрессованного бетона можно представить в виде:

$$C_B(t, \tau) = \left[(4,34 + \frac{27}{\tau}) K_c \right] [1 - e^{-0,015(t-\tau)}]. \quad (7)$$

Сопоставление численных значений меры ползучести виброгидропрессованного бетона, полученных по формуле (7), с опытными показывает, что зависимость (7) обеспечивает удовлетворительное совпадение опытных и теоретических данных при $t - \tau > 80$ (рис. 3). В начальный период до $t - \tau = 45-60$ сут как формула (5), так и (7) дают незначительные погрешности.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что вибропрессование оказывает существенное влияние как на величину и характер протекания собственных деформаций, так и на величину деформаций ползучести. Режим твердения бетона под давлением позволяет значительно снизить усадочные деформации, что благоприятно влияет на его прочность и долговечность, и существенно уменьшить деформации ползучести, что приводит к снижению потерь напряжений в предварительно напряженных конструкциях.

Список литературы

1. Десов А.Е., Красильников К.Г., Циловани З.Н. Ползучесть и усадка бетона и железобетона / Под ред. С.В. Александровского. М.: Стройиздат, 1976.
2. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. М.: Стройиздат, 1979. 344 с.
3. Сеськин И.Е. Влияние технологии уплотнения бетона на прессованием на работу конструкций. Самара: СамГАПС, 2006. 227 с.

Влажностные деформации модифицированного цементного камня

Принципиальные достижения в уровне качества бетонов высоких НРС и ультравысоких УНРС технологии связаны с применением микро- и нанодисперсных органоминеральных модификаторов. Влияние комплексных модификаторов нового поколения на основе микрокремнезема с размером частиц 100–300 нм (типа МБ-01) соотносят [1, 2] с действием физического и химического факторов. Роль первого связана с уплотнением структуры; роль второго определяется химической активностью частиц микрокремнезема, обусловленной их химико-минералогическим составом и энергетическим состоянием. Решающая роль в действии химического фактора принадлежит поверхностной энергии ультрадисперсных частиц модификатора и площади их поверхности. Получаемая в результате модифицирования высокодисперсная плотная микрогетерогенная структура цементирующего вещества, представленного преимущественно низкоосновными гидросиликатами кальция, обеспечивает повышенную прочность цементного камня. Вместе с этим вследствие увеличения площади поверхности раздела межзеренных и межфазных границ, преобладания в структуре пор предельно малого размера неизбежна тенденция повышения запаса свободной энергии в структуре модифицированных бетонов, что может негативно отразиться на стабильности их физико-химических, физико-механических и других свойств во времени и тем самым на эксплуатационном ресурсе материалов.

При воздействии водяного пара и воды на материал в ходе его эксплуатации мера возможного изменения свойств предопределяется силой связи воды с твердой фазой и поровым пространством, а точнее балансом сил, который может складываться в структуре материала при изменении его влагосодержания. К составляющим такого баланса относятся капиллярные силы и силы поверхностного натяжения, силы когезионного и адгезионного взаимодействия в контактах дисперсных частиц, силы внутренних связей в кристаллогидратах. Количественно все они являются следствием особенностей структуры. Есть основания полагать, что изменение влагосодержания НРС и УНРС бетонов может (по отношению к традиционным бетонам) характеризоваться отличительной динамикой и мерой напряженно-деформированного состояния и, вообще говоря, стать проблемой при обеспечении долговечности и надежности конструкций с применением бетонов нового поколения.

Все вышесказанное делает актуальными и оправданными исследования деформативности бетонов нового поколения при изменении их влажностного состояния.

Данная статья продолжает цикл публикаций [3, 4] по этой проблеме. В них описана реализация поэтапного проведения экспериментальных исследований на системах цементного микробетона, в модельных сериях которого границы варьирования дозировки модификатора МБ-01 и водотвердого отношения соответствуют условиям получения эффективных составов высокопрочных бетонов и одновременно обеспечивают существенное отличие параметров структуры исследуемых серий по характеристикам цементирующего вещества, объему и размерам порового пространства (см. таблицу); мелкозернистого и макрозернистого тяжелого бетона, составы которых отвечают рекомендациям специалистов НИИЖБ для промышленного внедрения [5, 6].

Настоящая публикация касается результатов исследования характеристик набухания-усадки цементного микробетона.

С целью исследования процессов увлажнения и высыхания микробетона эксперименты вели в диапазоне парциального давления $p/p_o = 0,2–0,99$ при квазистатическом режиме. При изучении адсорбции образцы цементного микробетона нормального твердения в возрасте 28 сут размером 160×40 мм при толщине не более 10 мм после высушивания при $t = 100–105^\circ\text{C}$ и охлаждения в эксикаторах над безводным хлористым кальцием помещали в гигростаты с парциальным давлением $p/p_o = 0,2; 0,32; 0,55; 0,75; 0,99$; исследование десорбции осуществляли в тех же модельных средах, в которые образцы исследуемых серий помещали после водонасыщения. Периодическим взвешиванием и измерением длины в течение 160 сут следили за кинетикой изменения влажностного состояния и развитием деформаций материала.

В результате исследований установлено, что модифицирование структуры материала модификатором МБ-01 оказывает существенное влияние на интенсивность изменения влажностного состояния и меру деформирования. Это связано с тем, что при введении модификатора, по данным [5, 6], более чем в 2,5 раза повышается относительное содержание низкоосновных гидросиликатов кальция с соотношением $C/S \leq 1,1$ в составе новообразований, изменяется структура пористости; в модифицированном цементном камне содержание геле-

Консистенция цементного теста	В/Т при содержании МБ-01, % массы цемента				
	0	5	8	12	15
Нормальная густота	0,3	0,26	0,25	0,25	0,25
Распływ по Суттарду, см					
9	0,34	0,29	0,28	0,26	0,26
13	0,37	0,32	0,34	0,26	0,26
18	0,4	0,36	0,34	0,27	0,26

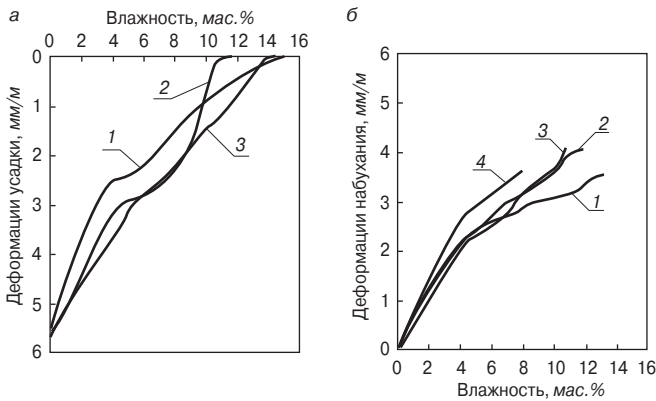


Рис. 1. Развитие деформаций усадки при обезвоживании (а) и деформаций набухания при увлажнении до гигроскопического влажностного состояния (б): 1 – цементный микробетон без модификатора; 2 – цементный микробетон с содержанием модификатора МБ-01 в количестве 8% массы цемента; 3 – цементный микробетон с содержанием микромодификатора МБ-01 в количестве 12% массы цемента; 4 – цементный микробетон с содержанием модификатора МБ-01 в количестве 15% массы цемента

вых пор размером $(1-5) \times 10^{-3}$ мкм в 2–3 раза превышает содержание капиллярных пор размером $5 \times 10^{-3} - 20$ мкм, а в цементном камне без модификатора количественное соотношение этих видов пор сопоставимо. Именно такая трансформация структурных характеристик микробетона и определяет изменение энергетического потенциала поверхности твердой фазы и порового пространства и влияет на баланс сил связи твердой и жидкой фазы в материале.

Деформативность цементного камня (рис. 1) возрастает при увеличении дозы модификатора. Происходящее при повышении содержания модификатора уменьшение объема пор должно было бы приводить к снижению величины деформаций, однако одновременное снижение среднего радиуса пор, повышение дисперсности и площади поверхности частиц твердой фазы оказываются факторами роста силы взаимодействия материала с водой и уровня усадочных напряжений при изменении влагосодержания материала. В соответствии с этим величина деформации усадки при изменении влажностного состояния цементного камня от водонасыщенного до равновесного в средах с $p/p_0 = 0,2 - 0,75$ возрастает на 20–30% (рис. 1, а), когда доза модификатора повышается от 0 до 12% массы цемента. Значение деформации набухания в диапазоне изменения влажностного состояния материала от сухого до максимально гигроскопического увеличивается почти на 20% (рис. 1, б) при изменении содержания МБ-01 от 0 до 15% массы цемента.

Показательно, что в целом все образцы модифицированного и немодифицированного цементного микробетона характеризуются близкими значениями равно-

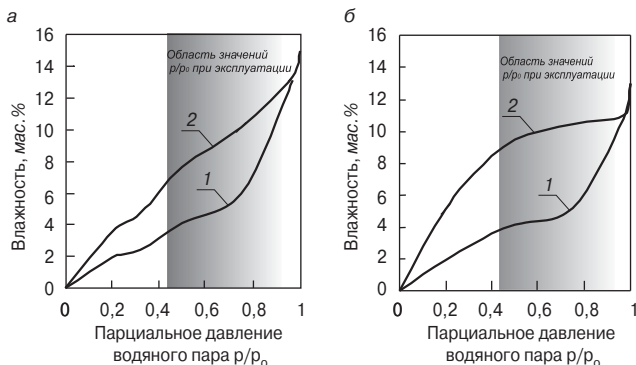


Рис. 2. Пример изотерм адсорбции-десорбции немодифицированного (а) и модифицированного (б) цементного микробетона с 12% содержанием модификатора МБ-01: 1 – изотерма адсорбции; 2 – изотерма десорбции

весной гигроскопической влажности, достигаемой при адсорбции водяного пара (рис. 2). Однако увеличение силы связи цементного камня с водой при его модифицировании снижает интенсивность его высыхания. Значения равновесной влажности, полученные при обезвоживании, для цементного камня с 12% содержанием модификатора оказались в 1,2–1,5 раза выше, чем для цементного камня без модификатора. Особенно существенна эта разница в зоне значений $p/p_0 = 0,45 - 0,9$, соответствующих влажностному режиму эксплуатационной среды для центральных регионов России по СНиП 23-0-99 «Строительная климатология». Объяснение этому заключается в структуре модифицированного цементного камня, из которого вода может удаляться преимущественно при значениях $p/p_0 \leq 0,3$.

Характер обобщенных кривых влажностной усадки и набухания цементного камня в условиях квазистатического обезвоживания-увлажнения (рис. 1) также соотносится с изменением структуры материала под действием модификатора.

При поглощении водяного пара на участке кривой набухания, соответствующем проявлению деформаций в эксплуатационном диапазоне p/p_0 среды, наибольшие объемные изменения образцов до 4 мм/м характерны для цементного камня с повышенным содержанием модификатора (12–15%). При этом удельное набухание модифицированного микробетона и микробетона бездобавочного (эталонного) состава также отличается (рис. 3, а) и возрастает при повышении содержания модификатора. Например, в среде с $p/p_0 = 0,75$ величина удельного набухания на 1% поглощенной воды составляет для образцов с 12–15% модификатора 0,55–0,63 мм/м, для эталонных образцов – 0,48 мм/м.

Несмотря на то что величина полной усадки всех серий образцов цементного микробетона имеет сходные значения и достигает $\approx 5,5$ мм/м, характер их деформирования существенно отличается. Деформации усадки образцов цементного камня с содержанием модификатора в количестве 12% начинают интенсивно развиваться уже при удалении первых порций воды. Оценка силы связи с водой через показатель удельной усадки материала, приходящейся на мас. % удаляемой воды, свидетельствует, что образцы микробетона этой серии характеризуются самыми высокими ее значениями 0,5–0,8 (мм/м)/мас. % удаленной воды) на всех этапах обезвоживания. Особенно существенно возрастает удельная усадка с повышением содержания модификатора в структуре при обезвоживании микробетона в средах с $p/p_0 = 0,45 - 0,9$, соответствующих влажности эксплуатационной среды (рис. 3, б). Микробетон без модификатора отличается существенно меньшими значениями удельной усадки на этапах удаления всех видов воды 0,15–0,2 (мм/м)/мас. % удаленной воды.

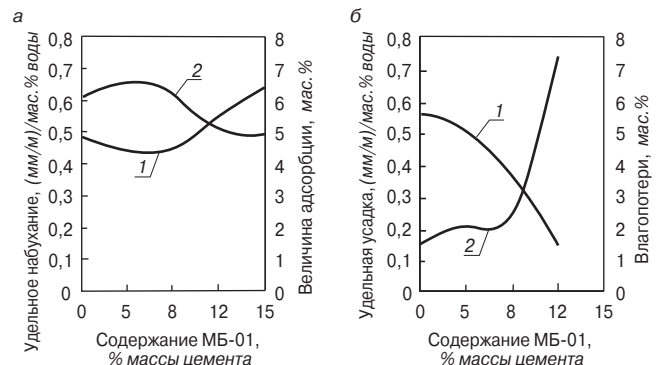


Рис. 3. Зависимость деформаций набухания (а) и усадки (б) от содержания добавки МБ-01 в цементном микробетоне при увлажнении-обезвоживании в среде с $p/p_0 = 0,75$: 1 – изменение влагосодержания, мас. %; 2 – удельные деформации, (мм/м)/мас. % воды

Из анализа особенностей деформирования цементного микробетона при изменении его влажностного состояния можно сделать вывод, что для всех серий образцов величина полной усадки и полного набухания остается практически постоянной при дозе модификатора в рассматриваемых границах варьирования. Однако при изменении влажности модифицированной структуры степень ее деформирования на 1% изменения влажности в 2–4 раза выше, чем немодифицированной. Это закономерно связано с большей величиной удельной поверхности и поверхностной энергии твердой фазы микробетона, в структуре которого содержится значительное количество ультрадисперсного микрокремнезема, в составе новообразований преобладают слабозакристаллизованные гидраты типа CSH(I), а структура пористости характеризуется преимущественным содержанием пор с размером до 5×10^{-3} мкм.

Такая повышенная деформативность модифицированного вяжущего высокопрочных бетонов может повлиять на эксплуатационный ресурс конструкций, так как увлажнение-высыхание поверхностных слоев при колебаниях влажности эксплуатационной среды будет сопровождаться существенными напряжениями в структуре бетона.

Список литературы

1. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Батраков В.Г. Комплексный модификатор бетона марки МБ-01 // Бетон и железобетон. 1997. № 5. С. 38–41.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: Технопроект, 1998. 768 с.
3. Чернышов Е.М., Славчева Г.С. Гигромеханика строительных материалов: механизмы и закономерности проявления конструктивных свойств как функции влажностного состояния // Матер. докладов академ. чтений РААСН «Новые научные направления строительного материаловедения». Белгород, 2005. С. 177–193.
4. Чернышов Е.М., Славчева Г.С. Эксплуатационная деформируемость цементного поризованного бетона: проблемы и факторы управления // Тр. Общего собрания РААСН. Воронеж, 2005. С. 220–230.
5. Каприелов С.С. Общие закономерности формирования структуры цементного камня и бетона с добавкой ультрадисперсных материалов // Бетон и железобетон. 1995. № 4. С.16–20.
6. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кузнецов Е.Н. Влияние органоминерального модификатора МБ-50С на структуру и деформативность цементного камня и высокопрочного бетона // Бетон и железобетон. 2003. № 3. С. 2–7.

Информация

Научная конференция

«Научные основы химии и технологии переработки комплексного сырья и синтеза на его основе функциональных материалов»

8–11 апреля 2008 г. в г. Апатиты (Мурманская обл.) состоялась Всероссийская научная конференция с международным участием «Научные основы химии и технологии переработки комплексного сырья и синтеза на его основе функциональных материалов», приуроченная к 50-летию Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева (ИХТРЭМС) Кольского научного центра РАН, в состав которого входит отдел технологии строительных материалов, занимающийся исследованиями природного и техногенного сырья Кольского полуострова и разработкой на его основе эффективных видов строительных и технических материалов. В работе конференции приняли участие представители академической, вузовской и отраслевой науки, ряда промышленных предприятий и ведомств из Москвы, Санкт-Петербурга, Апатитов, Владивостока, Воронежа, Петрозаводска, Екатеринбурга и других городов России, а также из Белоруссии и Таджикистана. Общее число участников составило 208 человек, в том числе 4 академика РАН, 11 членов-корреспондентов РАН, 36 докторов и 65 кандидатов наук.

«Проблемы строительного материаловедения и технологии строительных и технических материалов из минерального сырья и техногенных продуктов» — одна из четырех работавших секций конференции, на которой было представлено 46 докладов по этой теме. Среди основных секционных докладов: *Н.Н. Гришин*, «Оливиниты Кольского полуострова — сырьевая база для производства термостойких огнеупоров»; *Б.И. Гуревич, В.В. Тюкавкина*, «Технологические гипсы и пути их использования»; *В.П. Ильина, Г.А. Лебедева, Т.В. Попова*, «Разработка составов керамических масс для производства ли-

цевого кирпича из природного и техногенного сырья Карелии»; *О.Н. Крашенинников*, «Бетоны различного функционального назначения на основе природного и техногенного сырья Мурманской области»; *И.А. Левицкий, Ю.Г. Павлюкевич, С.Е. Баранцева, Ю.А. Климош*, «Пути использования отходов обогащения железистых кварцитов Беларуси»; *Г.Б. Мелентьев*, «Редкометалльные и токсичные компоненты в природном и техногенном сырье: проблемы классификации, капитализации и промышленного использования»; *А.А. Пак, Р.Н. Сухорукова, А.М. Цирлин и др.*, «Композиционные многослойные изделия из полистиролгазобетона как возможный путь повышения тепловой защиты зданий»; *А.Ю. Феоктистов, В.А. Арсентьев, И.Н. Белоглазов*, «Утилизация твердых коммунальных отходов с получением строительных материалов»; *В.В. Щитцов*, «Систематизация промышленных минералов Карелии по конечному продукту».

Актуальность представленных на конференции научных разработок в области строительного материаловедения позволила отметить в решении конференции необходимость активизации реализации работ в направлении рационального, комплексного использования природного и техногенного сырья и разработки эффективных видов строительных материалов.

С материалами конференции по проблемам строительного материаловедения можно ознакомиться в опубликованном сборнике трудов «Научные основы химии и технологии переработки комплексного сырья и синтеза на его основе функциональных материалов», часть 2. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2008. 254 с.

УДК 666.972.974

А.П. ПИЧУГИН, А.С. ДЕНИСОВ, доктора техн. наук, В.Ф. ХРИТАНКОВ, канд. техн. наук, В.В. АВРАМЕНКО, инженер, Новосибирский государственный аграрный университет

Эффективные органоминеральные бетоны с повышенными тепло- и звукоизолирующими свойствами

Анализ технической и научной литературы по исследованию и применению торфа, камыша, соломы, коры и других растительных ресурсов показал, что эти материалы, обладая целым комплексом положительных качеств и низкой себестоимостью, до сих пор не нашли широкого применения при производстве тепло- и звукоизоляционных изделий и конструктивных слоев ограждений. Такое положение объясняется недостаточной изученностью материалов, отсутствием новых рецептурно-технологических решений, низким уровнем организации производства, инерционностью мышления в вопросах рационального и эффективного внедрения композиционных материалов. Одним из наиболее перспективных направлений применения органических материалов в строительных целях может быть использование их в качестве крупного пористого заполнителя. Такое решение задачи по улучшению теплофизических характеристик стеновых материалов, и в частности бетонов, вполне актуально для настоящего момента в свете энергосбережения и снижения материалоемкости, а также массового возведения доступного жилья.

Важнейшими свойствами легких бетонов являются высокая теплопроводность, высокие прочность и долговечность, зависящие от пористости, качества заполнителей и минерального вяжущего вещества. С увеличением пористости снижаются показатели теплопроводности и прочности, поэтому расчет состава легкого бетона на пористых заполнителях должен включать поиск оптимальных величин пористости или связанной с этим показателем плотности материала и его прочности для обеспечения восприятия эксплуатационных нагрузок. Не менее важной характеристикой материала ограждающих конструкций зданий является его способность отражать и гасить звуковые колебания. Поэтому проектировать составы легких бетонов на пористых органических заполнителях (органоминеральных бетонов) необходимо с учетом максимального проявления ими звукоизолирующих свойств.

Звуковое давление и интенсивность звука являются характеристиками звукового поля в определенной точке пространства, а количество звуковой энергии, излучаемое источником шума в окружающее пространство в единицу времени, представляет собой звуковую мощность. Величины звукового давления, интенсивности звука и звуковой мощности могут изменяться в значительных пределах, например звуковое давление варьирует от 2×10^{-5} до 2×10^2 Па, интенсивность — от 10^{-12} до 10^2 Вт/м². Для удобства в технической акустике принято оценивать эти величины в относительных логарифмических единицах — децибелах (дБ). В соответствии с этим большинство акустических величин определяется в уровнях, которые вычисляются по формуле:

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0},$$

где $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² — пороговая величина интенсивности, соответствующая слышимому звуку в частотной области наибольшей чувствительности слуха; I — интенсивность звука.

Неупорядоченное сочетание звуков различной интенсивности и частоты называется шумом. Звуковая энергия, излучаемая источником шума, распределяется по частотам, состав которых определяется зависимостью уровней звукового давления от частоты, то есть частотным спектром шума. Характер восприятия звука человеком зависит от различной чувствительности уха к звукам разной частоты, поэтому при измерении шумов и выполнении акустических расчетов принято представлять спектры в полосах частот определенной ширины. При этом наиболее широко используются октавные и третьоктавные полосы частот.

С учетом анализа патентной и научной литературы, работ отечественных и зарубежных исследователей, нормативных и регламентирующих источников на первом этапе получения легких органоминеральных бетонов необходимо было проанализировать имеющиеся исходные материалы и определить их свойства для назначения экспериментальных составов, проверки и установления влияния начальных факторов на качественные характеристики легких бетонов. Естественно, что традиционные технологии приготовления легких бетонов не могли быть использованы в силу высокой редуцирующей способности растительного сырья, поэтому были применены защитные полимерсиликатные композиции для обработки органического заполнителя по ранее отработанным рецептурам [1, 2]. В программу исследований входил обширный круг вопросов, обеспечение которых гарантировало получение легких бетонов с заданными характеристиками по теплофизическим и акустическим параметрам. В табл. 1 представлены основные виды и свойства изучаемых материалов.

Для разработки технологии получения новых эффективных легких органоминеральных бетонов с повышенными тепло- и звукоизолирующими свойствами необходимо было решить ряд теоретических, экспериментальных и практических задач: разработать модель функционирования ограждающих конструкций из легкого бетона с интегральной структурой пористого заполнителя, что позволит улучшить их тепло- и звукоизоляционные свойства; разработать технологию приготовления крупнопористого бетона с интегральной структурой и способы формования легкобетонных крупнопористых изделий с послойной горизонтальной и вертикальной укладкой бетонной смеси в соответствующую оснастку; разработать способы нейтрализации редуцирующих веществ в органическом заполнителе и обеспечить максимальное снижение открытой пористости крупного органического и минерального заполнителя; определить состав цементно-клеевой композиции для крупнопористого бетона с различной гранулометрией и обеспечить повышение адгезионной прочности и трещиностойкости цементной матрицы; изучить акустические свойства легких бетонов с интегральной структурой крупного заполнителя и установить закономерности формирования прочных структур в контактной зоне заполнитель — цементная матрица;

Таблица 1

Материал	Вид или характеристика	Влажность, %	Водопоглощение за сутки, %	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Примечание
Органические материалы						
Торф	Гранулы Ø5–40 мм	3–6	12–25	175–240	0,5–3,5	
Камыш	Резка стеблей размером 5–18 мм	5–12	17–32	180–270	0,8	Требуется полимерная связка при грануляции
	Гранулы Ø5–40 мм	3–5	5–10	200–320	3,1–5	
Кора, ветки	Сосна, размер 5–20 мм	8–50	20–45	300–380	1,5–4	
	Береза, размер 5–20 мм	10–15	35–55	580–750	2,2–5,5	
	Осина, размер 5–20 мм	7–30	46–70	550–600	1,7–3,4	
Отходы деревообработки	Дробленка, размер 5–25 мм	5–20	15–35	450–520	15–25	
	Станочная стружка	5–20	15–40	350–470	–	
	Опилки	5–20	15–45	330–420	–	
Гранулы из опилок	Гранулы Ø5–40мм	2–5	3–7	220–310	3,5–6	Требуется полимерная связка при грануляции
Минеральные материалы (для сравнения)						
Керамзит	Гранулы Ø10–40 мм	1–3	20–28	420–560	3,5–10	
Шлак	Куски размером 5–40 мм	4–12	35–60	480–690	2,1–5,5	Требуется предварительное дробление и рассев

Таблица 2

Материал	Средние значения звукопоглощающей способности стеновых материалов при частоте звуковых колебаний, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Кирпичная стена	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
Штукатурный раствор	0,02	0,02	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,06
Древесина	0,1	0,1	0,11	0,11	0,08	0,08	0,11	0,11
Войлок	0,16	0,18	0,36	0,71	0,78	0,83	0,85	0,87
Керамзитобетон (традиционный)	0,06	0,06	0,08	0,08	0,12	0,28	0,27	0,23
Газобетон	0,21	0,3	0,51	0,62	0,71	0,74	0,72	0,57
Торфобетон* 20–40 мм	0,13	0,23	0,29	0,41	0,44	0,47	0,54	0,52
Торфобетон* 10–20 мм	0,16	0,26	0,28	0,36	0,39	0,46	0,53	0,51
Торфобетон* 5–10 мм	0,19	0,19	0,23	0,29	0,36	0,42	0,52	0,5
Стена из торфобетона с ИРКЗ**	0,23	0,24	0,32	0,44	0,49	0,57	0,64	0,61
Камышебетон* 20–40 мм	0,09	0,08	0,25	0,34	0,37	0,44	0,5	0,48
Камышебетон* 10–20 мм	0,09	0,19	0,20	0,37	0,37	0,40	0,45	0,51
Камышебетон* 5–10 мм	0,07	0,12	0,16	0,29	0,42	0,49	0,44	0,39
Стена из камышебетона с ИРКЗ**	0,14	0,19	0,28	0,41	0,54	0,56	0,58	0,58
Коробетон* 20–40 мм	0,11	0,11	0,13	0,25	0,36	0,48	0,51	0,44
Коробетон* 10–20 мм	0,11	0,14	0,19	0,27	0,32	0,49	0,53	0,45
Коробетон* 5–10 мм	0,09	0,12	0,14	0,22	0,29	0,43	0,46	0,37
Стена из коробетона с ИРКЗ**	0,18	0,21	0,26	0,3	0,39	0,53	0,55	0,52

Примечание. * Указан диаметр гранул заполнителя. ** ИРКЗ – интегральное расположение крупного пористого заполнителя.

выработать практические рекомендации и нормативную документацию по изготовлению изделий из легкого бетона с интегральным расположением крупного заполнителя; провести производственное опробование и определить технико-экономическую эффективность результатов проведенных исследований.

Теоретически обоснован и практически исследован принципиально новый строительный материал – легкий бетон с интегральным расположением крупного пористо-

го заполнителя. Разработана модель функционирования ограждающих конструкций из легкого бетона с крупным пористым заполнителем, расположенным в несколько слоев, каждый из которых включает фракцию определенных размеров. Рекомендовано во внешних слоях (толщиной 30–50 мм) использовать фракцию заполнителя 5–10 мм; в средних (толщиной 50–100 мм) – фракцию 10–20 мм; во внутреннем слое (толщиной 140–200 мм) – фракцию 20–40 мм. Такая структура является интеграль-

ной, а ее реализация позволяет улучшить теплозащитные и звукопоглощающие свойства строительных изделий и ограждающих конструкций, исключив негативные проявления влагонакопления в массиве ограждения и воздействие влаги на материал стен. Легкий бетон для стен зданий с интегральной структурой крупного заполнителя может быть изготовлен как крупнопористый бетон путем изменения гранулометрии от середины к периферии, что обеспечивает поровую структуру композиционного материала с набором пор различного диаметра. Такая структура способствует созданию благоприятных условий для поглощения звуковых колебаний в широком диапазоне частот и, следовательно, существенному снижению шума внутри зданий [3].

Получаемые изделия из легких бетонов с интегральной структурой крупного пористого заполнителя имеют прочность при сжатии от 5,5 до 10,5 МПа, плотность 300–500 кг/м³ и коэффициент теплопроводности 0,12–0,3 Вт/(м·°С). При этом следует отметить их высокую звукопоглощающую способность, существенно превышающую показатели традиционных каменных стен и керамзитобетона. В табл. 2 приведены акустические свойства стеновых материалов и фрагментов стеновых блоков, изготовленных по принципу интегрального распределения крупного органического заполнителя по сечению ограждающей конструкции. Как видно из табл. 2, звукопоглощение конструктивных элементов стен, выполненных по предлагаемому способу, значительно выше показателей отдельных слоев. Результаты работы были апробированы на опытном участке завода железобетонных изделий г. Куйбышева Новосибирской области. Были сформованы стеновые блоки в специальных формах-опалубках для раздельного бетонирования конструктивных слоев с различными фракциями заполнителя. Предложенные составы легких бетонов с интегральным расположением крупного пористого заполнителя обеспечивают повышение тепло- и звукозащитных свойств и улучшение микроклимата в помещениях.

В результате была разработана технология получения легких бетонов с интегральным расположением крупного пористого заполнителя с отработкой пооперационных процессов; спроектирована конструкция, сконструированы и изготовлены опалубки и комплект оборудования для осуществления технологического процесса; подготовлены и утверждены Технические условия «Смеси легкобетонные из органического сырья и отходов деревообработки» и «Легкобетонные изделия с интегральным расположением крупного заполнителя», а также Рекомендации «Производство и применение гранулированного легкого заполнителя на основе отходов деревообработки и растительного сырья сельскохозяйственного производства», «Изготовление легкого бетона с интегральной структурой крупного заполнителя».


Таким образом, проведенные исследования позволили получить на основе природных ранее неиспользуемых ресурсов (торф, солома, камыш, кора, опилки и др.) новый дешевый легкий органоминеральный бетон, обладающий достаточной прочностью, низкой теплопроводностью, улучшенными звукозащитными характеристиками и другими эксплуатационными показателями.

Список литературы

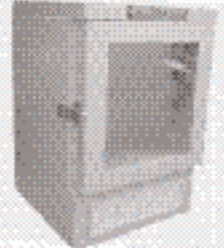
1. Пичугин А.П., Хританков В.Ф. Применение торфа в строительстве. Новосибирск: НГАУ, 2001. 101 с.
2. Пичугин А.П., Денисов А.С., Хританков В.Ф. Экологические проблемы эффективного использования отходов и местного сырья в строительстве // Строит. материалы. 2005. № 3 / Наука. № 5. С. 2–4.
3. Денисов А.С. Совершенствование технологии производства изделий из легких бетонов // Строит. материалы. 2006. № 3. С. 68–69.

Компания "ВНИИР"


Компания "ВНИИР" предоставляет оборудование для гражданского и лабораторий различного профиля:




Строительные лаборатории
Дорожно-строительные лаборатории
Мостостроительные лаборатории
Лаборатории неразрушающего контроля
Материаловедческие и металлургические лаборатории
Лаборатории механических, температурных и климатических испытаний
Спектральные и химические лаборатории
Оборудование для механических испытаний




Твердомеры
Оборудование для климатических испытаний
Оборудование для температурных испытаний
Приборы для испытаний цемента, бетонных смесей
Приборы для испытаний бетонных и железобетонных конструкций




Испытание лакокрасочных материалов
Весовое оборудование
Приборы неразрушающего контроля качества
Приборы для измерения температуры и влажности
Гидравлическое оборудование
Приборы для испытаний грунтов
Приборы для испытаний битумов



Приборы для испытаний битумов
Приборы для испытаний заполнителей
Приборы для испытаний асфальтобетона
Приборы для контроля геометрии автомобильных и железных дорог
Оборудование для выжигания карбона



Комплексные портативные лаборатории



Оптом-розничная торговля: тел./факс: +7 (495) 726-6604, 487-9600, 480-6426, 487-0274
 Оптом-розничная торговля: тел./факс: +7 (495) 487-6710
 Адрес: 119261 г. Москва, ул. Давыдовская, д.44
 Интернет-магазин: E-mail: info@vniir.ru
 Режим работы: с 9:00 до 18:00, выходные - сб. вечер.
 Успехи работы: 100% реализация, отгрузка со склада в Москве.

СТРОИТЕЛЬНОЕ ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

О химизме процесса взаимодействия в системе $\text{Ca}(\text{OH})_2\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ в условиях гидротермального синтеза

Приоритет использования реакции взаимодействия гашеной извести с кварцем и образованием гидросиликатов кальция при автоклавной обработке для получения искусственного камня — силикатного кирпича принадлежит немецкому ученому В. Михаэлису [1]. Позднее этот эффективный способ был распространен на технологию получения пористого камня — силикатного газобетона. Большое практическое значение гидротермального синтеза вызвало пристальный интерес исследователей многих стран к химизму получения нового искусственного камня.

Длительное время доминировала теория, согласно которой компоненты известково-песчаной смеси растворяются в воде, находящейся в порах изделия. Раствор содержит ионы кальция и кремневых кислот, между которыми происходит реакция с образованием гидросиликатов кальция. Вследствие малой растворимости они выкристаллизовываются из пересыщенного раствора и связывают каркас из кварцевого заполнителя. Таких взглядов в России придерживались А.В. Волженский, Ю.М. Бутт, С.А. Кржеминский, В.П. Варламов, Е.Н. Леонтьев, П.И. Боженов и другие ученые, а за рубежом — Дж.Е. Бесси, Х.Ф.У. Тейлор, Р. Хохштеттер и др. [2–9].

Гипотеза взаимодействия компонентов системы через растворение нашла всеобщее и продолжительное признание, однако результаты известных экспериментов И.А. Хинта позволили усомниться в правильности этой концепции [10].

И.А. Хинт опубликовал результаты исследований автоклавированных образцов, состоящих из прессованных слоев силикатной смеси, кварцевого песка и извести (рис. 1). Было установлено, что толщина взаимного проникновения слоев извести и песка составляет всего 0,1–0,2 мм. В тонких слоях песка (0,4 мм) не обнаружено присутствие извести, эти слои не имеют прочности. На границе силикатной смеси с молотым песком наблюдалось прилипание тонкого слоя песка и отдельных песчинок толщиной до 0,1 мм. Слой извести, находящийся между двумя слоями песка, имел слабую прочность.

И.А. Хинт сделал вывод, что в автоклавных процессах образования камня из известково-песчаных смесей частицы песка и извести имеют относительно малую свободу движения. Если частицы SiO_2 находятся на расстоянии более 0,2 мм от частицы $\text{Ca}(\text{OH})_2$, то при обычных параметрах гидротермальной обработки эти частицы не реагируют.

Полученные результаты противоречат гипотезе образования гидросиликатов кальция через истинные растворы исходных компонентов. Однако И.А. Хинт не выдвинул альтернативной гипотезы.

Ю.М. Бутт и Л.Н. Рашкович предприняли попытку реабилитации своей гипотезы [3], повторив опыты с образцами аналогично И.А. Хинту. Они подтвердили, что на стыке прессованных слоев извести и песка гидросиликатов мало, а на открытой боковой поверхности об-

разца находился большой слой новообразований. Это было объяснено высокой плотностью и недостатком жидкой фазы внутри образца, тогда как на внешней поверхности имелось достаточно влаги.

Б.Н. Виноградов [11], основываясь на микроснимках известково-песчаных образцов, определил, что перенос частиц компонентов смеси при автоклавной обработке не превышает 50 мкм.

А.И. Аугонис, К.Т. Саснаускас и А.В. Волженский аргументированно подтвердили несостоятельность теории твердения через образование гидросиликатов кальция в растворах [12]. Таким образом, основоположник этой теории А.В. Волженский через четыре десятилетия изменил свои взгляды.

Л.М. Хавкин в своей книге [13] привел убедительные доводы о несоответствии реальных условий производства силикатных материалов автоклавного твердения и лабораторных экспериментов, якобы доказывающих теорию твердения компонентов вяжущего через растворение. В экспериментах С.А. Кржеминского и Р. Хохштеттера [4, 9] автоклавной обработке подвергались суспензии с водовязущим отношением В:Т = 40 и с пе-

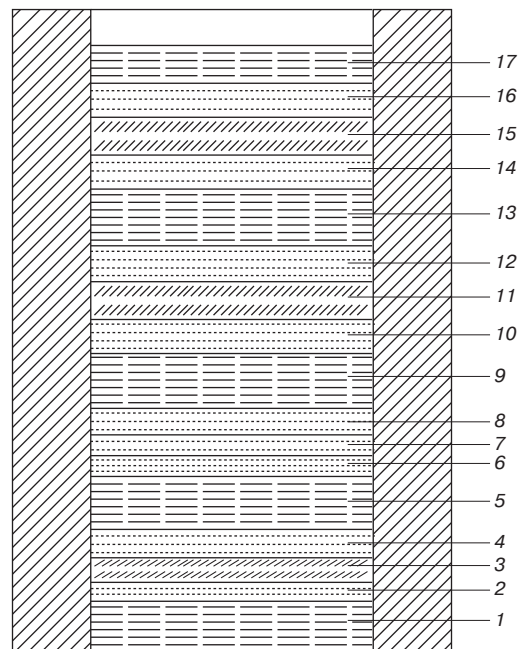


Рис. 1. Схема формирования многослойного образца: 1 – смесь (7,5 мм, 30 г); 2 – песок (0,3–0,4 мм, 1,3 г); 3 – известь (0,3–0,4 мм, 1,3 г); 4 – песок (0,3–0,4 мм, 1,3 г); 5 – смесь (7,5 мм, 30 г); 6 – песок (0,6–0,7 мм, 2,5 г); 7 – песок (0,6–0,7 мм, 2,6 г); 8 – песок (0,7–0,6 мм, 2,6 г); 9 – смесь (7,5 мм, 30 г); 10 – песок (1,3–1,4 мм, 5,2 г); 11 – известь (1,3–1,4 мм, 5,2 г); 12 – песок (1,3–1,4 мм, 5,2 г); 13 – смесь (7,5 мм, 30 г); 14 – песок (2,6–2,7 мм, 10,4 г); 15 – известь (2,6–2,7 мм, 10,4 г); 16 – песок (2,6–2,7 мм, 10,4 г); 17 – смесь (2,5 мм, 10 г)

ремешиванием. В реальной технологии силикатных изделий $V:T=0,06$, а условия для растворения компонентов и циркуляции жидкой фазы совершенно иные.

Л.М. Хавкин объясняет химизм взаимодействия следующим образом. При повышении температуры воды до 100°C предельная концентрация извести уменьшается и часть ее выделяется из пересыщенного раствора в коллоидном виде. Поверхность зерен кремнезема гидратируется ионами $(\text{OH})^-$, и образовавшаяся кремнекислота остается на этих зернах в коллоидном состоянии. Выпавший из раствора коллоидный $\text{Ca}(\text{OH})_2$ адсорбируется коллоидной кремнекислотой на поверхности кварца и образует с ней адсорбционные комплексы, склеивающие песчинки.

При дальнейшем повышении температуры концентрация извести еще более снижается, а растворимость кремнезема значительно увеличивается; начинается реакция между SiO_2 и известью в жидкой фазе с образованием ГСК. Вначале образуются высокоосновные соединения типа C_2SH . При твердении в изотермической стадии процесса в жидкой среде образуются преимущественно низкоосновные ГСК. Одновременно происходит перекристаллизация адсорбционных комплексов. После израсходования всей извести начинается растворение части ранее возникших высокоосновных ГСК, переход их в низкоосновные ГСК.

Таким образом, в представлениях Л.М. Хавкина химизм образования ГСК происходит через предварительное растворение как исходных компонентов в локализованных микрообъемах, так и промежуточных новообразований (C_2SH).

Однако в его интерпретации не учтена вероятность взаимодействия между известью и кремнеземом в ранний период. Кроме того, предельная растворимость извести и кварца настолько мала, что вызывает большие сомнения в возможности обеспечения реальной скорости получения ГСК.

Автор данной статьи считает *результаты экспериментов И.А. Хинта с образцами из параллельных слоев важным научным открытием, которое позволяет отделиться от устаревшей теории и стимулирует поиски новых решений*. Признание этого факта чрезмерно затянулось из-за отсутствия адекватной теории, объясняющей химизм гидротермального синтеза в автоклаве. В работе автор впервые интерпретировал [14, 15] гидротермальный синтез силикатов как топохимическую реакцию в контактных слоях дисперсных компонентов в присутствии воды. В настоящей статье излагается более полная картина химизма взаимодействия компонентов системы $\text{Ca}(\text{OH})_2-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ в гидротермальных условиях с учетом дополнительных сведений обо всех значимых факторах.

Сначала отметим основные физико-химические свойства компонентов системы, влияющие на их поведение в гидротермальной среде.

Кварцевый песок – основной компонент изучаемой системы, содержание его в сырьевых смесях составляет от 65 до 90%. Часть его расходуется на получение вяжущего, а большая часть остается в качестве заполнителя.

Кристаллическая структура кварца состоит из комбинации тетраэдров (SiO_4), по всем пространственным направлениям все ионы кислорода служат структурными мостиками. Формула состава каркасной структуры выражается в виде $(\text{SiO}_2)_\infty$. Такая структура является электрически нейтральной, так как все химические валентности и заряды в ней полностью насыщены. Она образует плотную «шаровидную» упаковку с наибольшим заполнением пространства [16].

Кварц обладает высокой прочностью (более 200 МПа) и химической устойчивостью в кислых средах. Однако в условиях гидротермальной среды кварц взаимодействует

с оксидами щелочных и щелочно-земельных металлов с образованием соответствующих силикатов.

Кварцевый песок может быть использован в неизменном природном состоянии, в виде составов из предварительно рассеянных фракций, в виде природного песка и части молотой фракции с удельной поверхностью $S_{\text{уд}} = 1000-2500 \text{ см}^2/\text{г}$, в размолотом виде всего песка и, наконец, в тонкомолотом состоянии меньшей части песка (в составе известково-кремнеземистого вяжущего) и механоактивированного основного песка. Разумеется, способ механической обработки песка и величина энергозатрат имеют большое влияние на кинетику взаимодействия компонентов смеси, скорость образования и состава ГСК, а также прочность силикатного камня. Увеличение удельной поверхности песка в значительной степени ускоряет взаимодействие кварца с известью [17].

Согласно данным [18] в водных растворах кремнезема гидроксид кремния $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ существует в равновесии с агрегированными молекулярными формами SiO_2 и имеет амфотерные свойства. В высокотемпературный водной пар SiO_2 переходит в виде мономеров $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, димеров $2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и полимеров. С повышением удельной поверхности и температуры среды растворимость кварца в воде увеличивается и при 200°C может достигать примерно 1 г/л.

В отличие от кварца растворимость CaO в воде с повышением температуры закономерно снижается. Если при 20°C она составляет 1,25 г/л, то при 200°C ее концентрация падает до 0,1 г/л.

В готовой известково-песчаной смеси известь находится в виде гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, удельная поверхность которой находится в пределах $12000-18000 \text{ см}^2/\text{г}$. Содержание ее в технологической смеси для силикатного кирпича составляет примерно 10%. Следует отметить, что в технологической смеси водоизвестковое отношение находится в пределах 0,55–1 (последняя цифра принята с учетом конденсации в автоклаве) и гидроксид кальция представляет собой вязкую суспензию, которую едва ли можно принять за истинный раствор. Зерна кварца окружены суспензией извести, которая образует хемосорбционные слои относительно поверхности кварцевых зерен. Но реакция взаимодействия между $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и кварцем практически не идет даже при температуре до 100°C .

То, что в отсутствие воды эта реакция не происходит, свидетельствует о важной роли третьего компонента. Был проведен эксперимент, в котором сухая смесь песка и гидратированной извести запрессовывалась при давлении 35 МПа в металлический стакан, который закрывался герметически и нагревался в термостате при температуре 180°C в течение 16 часов. Твердения смеси не происходило [10].

Выявление роли воды в гидротермальном синтезе вызывает большой интерес. Во-первых, вода непосредственно участвует как материальный компонент в составе новообразований. Во-вторых, в гидротермальных условиях она гидратирует и отрывает SiO_2 на поверхности кварцевых частиц, способствуя тем самым реакции образования ГСК.

В-третьих, высокотемпературная вода вызывает усиление колебательных движений структурных радикалов (катионов и анионов) и повышает их химический потенциал, а следовательно, их реакционную активность.

В-четвертых, в воде происходит облегчение диффузии и сближение частиц, усиливается взаимодействие ближних дисперсий и гелей, рост новообразований в виде кристаллов и сростков. Вместе с тем высокие концентрации дисперсий, гелей и кристаллов предотвращают их дальние диффузные путешествия.

Топохимическими называют реакции, происходящие на поверхности твердых тел с другим реагентом.

Схема последовательности и химизма топохимических реакций в системе Ca(OH)₂ – кварц – H₂O при гидротермальном синтезе гидросиликатов кальция

Стадии процесса и t, °C, в системе	Последовательность химических реакций и появление новообразований	Краткие характеристики стадий процесса
I стадия 120–204°C	$\text{SiO}_{2(\text{т})} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{с})} \rightarrow \text{C}_2\text{SH}_{(\text{т})}$ $\text{SiO}_{2(\text{т})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_{3(\text{г})}$ $\text{H}_2\text{SiO}_{3(\text{г})} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{с})} \rightarrow \text{C}_2\text{SH}_{(\text{т})}$ вода (ж)	Стадия топохимических реакций на поверхности кварца. Образование C ₂ SH. Полное освоение извести
II стадия 175–204°C	$\text{C}_2\text{SH}_{(\text{т})} + \text{H}_2\text{SiO}_{3(\text{г})} \rightarrow \text{CSH}_{(\text{т})}$ $\text{C}_2\text{SH}_{(\text{т})} + \text{SiO}_{2(\text{т})} \rightarrow \text{CSH}_{(\text{т})} \text{C}_2\text{S}_3\text{H}_2$ вода (ж)	Стадия топохимических реакций на C ₂ SH _(т) . Образование низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH, C ₂ S ₃ H ₂

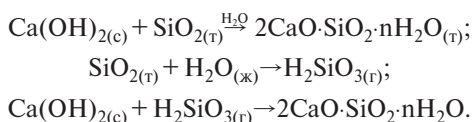
Н.К. Адам отмечает [19], что когда твердая поверхность заполнена целиком одним компонентом (как в нашей системе кварцем), начало реакции чрезвычайно затруднено. Топохимические реакции начинаются на поверхности кристаллов с ребер, структурных дефектов, вакансий, а также со свежих сколов и царапин. По теории Г.И. Чуфарова такие топохимические реакции являются автокаталитическими и заканчиваются с израсходованием одного из компонентов [20]. Эти выводы будут очень полезны для правильного представления о процессах гидротермального синтеза ГСК.

Как известно, в теории твердения цементов в течение многих десятилетий существовало двойственное трактование механизма гидратации – топохимического или жидкорастворного. Академик А.А. Байков придерживался топохимической теории [21]. Советские ученые более 20 лет назад провели эксперименты, исключаяющие растворный механизм гидратации [22]. Процесс гидратации основных клинкерных минералов осуществляли таким образом, что частицы вяжущего взаимодействовали с молекулами воды не в паровой, а в газовой фазе; таким образом исключалось как образование на поверхности зерен пленочной воды, так и процесс начального растворения мономинералов. В установке вода находилась при t₁ = 125–250°C, а навеска порошка вяжущего на значительном расстоянии в зоне дополнительного теплового излучения при температуре выше критической для воды (t₂ = 410–420°C). В этих условиях мог протекать только топохимический процесс, а скорость гидратации всех минералов была исключительно высокой.

Конечно, результаты этого исследования не имеют прямого отношения к рассматриваемой проблеме, но они подтверждают большие возможности топохимических реакций в гидротермальном синтезе силикатов.

На основе системного анализа результатов многих исследователей автор создал новую теорию химизма гидротермального процесса получения ГСК в автоклаве. Стадии этого химизма схематически представлены в табл. 1.

I стадия процесса в системе Ca(OH)₂–кварц–H₂O начинается примерно с достижения температуры 120°C на поверхности кварца, на которой происходит разрыв силоксановых связей, гидратация SiO₂ и кислотно-основное взаимодействие полигидратов кремнезема и извести с образованием ГСК:



При этом Ca²⁺ является наиболее активным реагентом, а не (OH)⁻. Это обусловлено более высоким значением химического потенциала μ_p, а также каталитическим свойством катиона Ca²⁺. Нагревание среды до 175–205°C вызывает интенсификацию реакций и переход новообразований с поверхности кварца в ближние адсорбционные слои. Сначала образуются гелеобразные новообразования нестехиометрического состава, не обнаруживаемые рентгенометрически, которые затем кристаллизуются и образуют совершенные решетки ГСК.

Следует отметить, что в начальной стадии реакции на границе кварцевая поверхность – щелочная суспензия существует дефицит активных ионов SiO₂ и избыток Ca(OH)₂. Это обстоятельство определяет на начальной стадии реакции образование высоконасыщенного двухкальциевого гидросиликата α-2CaO·SiO₂·nH₂O и CSH(II).

При наличии в смеси избыточного содержания тонкомолотого кварца в этой стадии образуются CSH(II) и CSH(I) в виде слабокристаллизованных тоберморитов [8].

Химизм образования ГСК не связан с предварительным образованием истинных растворов компонентов силикатной смеси и последующего их взаимодействия. Топохимическая реакция гидроксида кальция происходит с поверхностью кварца и непосредственно вблизи ее. По сути происходит агрессивное разедание кварца с поверхности дисперсией Ca(OH)₂. Роль гидратации кварца и образования полимеров H₂SiO₃ имеет меньшее значение, но гелевые полимеры кремнекислоты реагируют с дисперсией Ca(OH)₂ непосредственно на поверхности кварца.

Минеральные вяжущие вещества обладают весьма низкой растворимостью в воде особого вида. Они диспергируются в виде гидратированных блоков молекул и кристаллов различной величины. Гидроксид кальция при затворении водой в соотношении В:Т = 0,3–1 представляет собой дисперсионную систему из гелеобразной части и твердых минеральных частиц. Их диффузионная подвижность в системе в отличие от истинных растворов крайне ограничена. И другие свойства этих сложных систем резко отличны от истинных растворов ионных солей.

Многие исследователи объясняют химизм реакции Ca(OH)₂ с кварцем как результат активного действия OH⁻. Автор статьи придерживается мнения, что наиболее активным химическим реагентом является щелочно-земельный катион Ca²⁺, положительный заряд которого не полностью компенсирован слабыми зарядами OH⁻, поэтому он разрывает силоксановые связи кремнекислородных тетраэдров, вырывает анион SiO⁴⁻ из кристаллической структуры кварца и согласно законам кислот-

Таблица 2

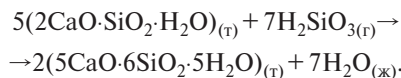
Прирост количества новообразований в зависимости от молярного соотношения C/S в разных минералах, получаемых при гидротермальном синтезе ГСК в реальных условиях

Минералы новообразований, получаемые при автоклавировании в промышленных условиях	Молярное соотношение C/S		Относительное количество ГСК, %
	Существующие	Принято в расчете	
α -C ₂ SH Гиллебрандит C ₂ SH Фаза F	2	2	100
Тоберморит CSH(II)	1,5–2	1,7	118,4
Тоберморит CSH(I)	1–1,5	1	141
Тоберморит 11,3 Å C ₅ S ₆ H ₅	0,83	0,83	153,6
Ксонотлит C ₆ S ₆ H	1	1	127,7
Гиролит C ₂ S ₃ H ₂	0,66	0,66	170,5
Трускоттит C ₆ S ₁₀ H ₃	0,6	0,6	173,7
Z-фаза Ассарсона C ₂ S ₄ H ₃	0,5	0,5	214

но-основного взаимодействия образует гидросиликаты кальция. Эта реакция протекает во много раз быстрее в сравнении с растворением кварца в условиях гидротермальной обработки.

Реакция гидроксида кальция с кварцем в гидротермальном синтезе подобна твердофазовым реакциям CaO + SiO₂ при температуре обжига 900–1200°C.

II стадия гидротермального синтеза ГСК начинается после израсходования Ca(OH)₂ и занимает примерно оставшуюся половину времени изотермической выдержки в автоклаве. В этой стадии полученный ранее ортосиликат кальция реагирует с кремнеземом с образованием низкоосновных силикатов типа CSH [1] и тоберморита. Например, образование кристаллического тоберморита 11,3 Å идет по уравнениям:



В данном случае невозможно представить, что реакция идет через растворение двух компонентов, как это предположил Л.М. Хавкин, так как растворимость высокоосновных ГСК ничтожна. А вот растворение кварца и последующее взаимодействие образующихся гелевых полимеров n-H₂SiO₃ с твердым C₂SH возможно с большей вероятностью. То есть вновь имеет место топохимическая реакция, в которой в роли подвижного аггессора выступает уже кремневая кислота в коллоидном состоянии.

Автор впервые рассчитал материальный баланс по стехиометрии реакций получения различных видов ГСК и обнаружил следующее. В табл. 2 представлена зависимость количества новообразований от молярного соотношения C/S. Установлено, что при одинаковом содержании извести с уменьшением C/S происходит рост количества ГСК, а следовательно, и вяжущего. Так, 100% получение низкоосновного CSH(I) или тоберморита 11,3 Å позволяет увеличить количество вяжущего в 1,5 раза. А получение низкоосновного гиролита C₂S₃H₂, синтез которого возможно осуществлять в реальных промышленных условиях [8], обеспечивает увеличение количества новообразований в вяжущем на 70%.

Бесси и Тейлор [7, 8] сообщают сведения о ГСК с еще более низким молярным отношением C/S, дополнительно найденных в известково-кварцевых образцах

после их автоклавной обработки. Это трускоттит и Z-фаза Ассарсона, которые приведены в табл. 2. Синтез новообразований с отношением C/S, равным 0,5 (фаза Z), увеличивает прирост вяжущего в 2 раза. Отсюда следует вывод о высокой экономической целесообразности увеличения количества молотого кварца с высокой удельной поверхностью в ИК-вяжущем.

Заводские специалисты всегда испытывали потребность в обобщенной картине технологических и физико-химических процессов, происходящих при обработке в автоклаве силикатного кирпича и других материалов.

А.В. Волженский [2] впервые сделал детальный анализ процессов, происходящих в автоклаве, которые разделил на три стадии. Первая стадия включает период запаривания с момента пуска пара в автоклав и до наступления в нем заданной температуры и давления. Вторая стадия характеризуется постоянством этих двух параметров, то есть временем изотермической выдержки изделий в автоклаве, когда происходят все основные физико-химические процессы и образуется искусственный камень. Третья стадия длится с момента прекращения подачи пара до удаления изделий из автоклава.

Основы автоклавной технологии, разработанные А.В. Волженским, сыграли большую положительную роль, но к настоящему времени новые результаты изучения гидротермальных процессов в силикатной смеси позволяют сделать существенные дополнения к этой теории [7, 8, 10, 13, 23].

На рис. 2 приведены диаграммы изменения технологических параметров автоклавной обработки силикатного кирпича, а также определены стадии этой обработки в интерпретации автора статьи. Кривые зависимости параметров от времени отражают состояние силикатного кирпича, получаемого по наиболее часто применяющейся технологии: давление пара 8 ати; расход ИК-вяжущего состава 1:1 в количестве 17–20%; S_{уд} вяжущего 5000 см²/г; А – работы прессования сырца 800 кгс/дм³; марки кирпича 150–200. Естественно, что изменение какого-либо параметра будет оказывать соответствующее влияние на кривые диаграммы. Например, применение пара с давлением 12 ати сократит время изотермической выдержки до 5,5 ч. Очень интенсивное воздействие на кривую прочности (R_{сж}) оказывает тонкость помола и содержание молотого кварца в сырьевой смеси.

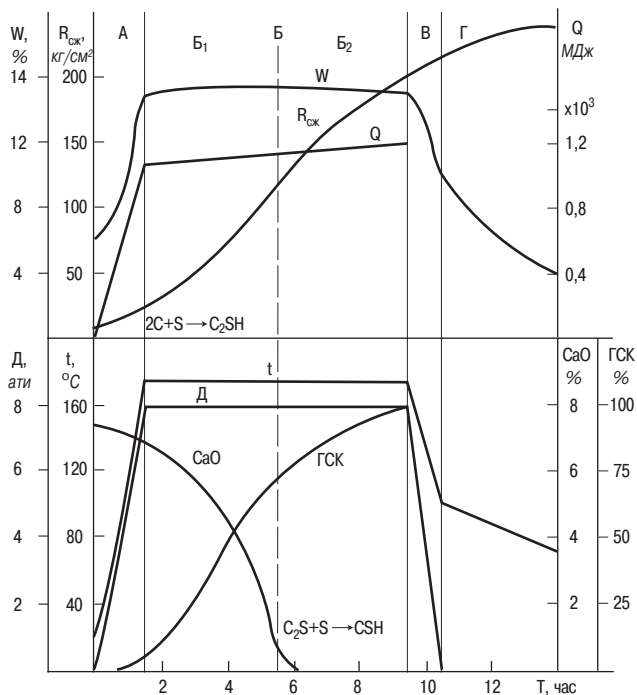


Рис. 2. Диаграммы изменения технологических параметров в процессе гидротермальной обработки силикатного кирпича. А – стадия пуска пара и достижения заданной температуры и давления; Б – стадия изотермической выдержки; Б₁ – этап получения C₂SH; Б₂ – этап получения CSH; В – стадия снижения температуры и давления пара; Г – стадия охлаждения кирпича на воздухе; W – влажность кирпича; R_{сж} – прочность кирпича при сжатии; Q – удельные затраты теплоэнергии на тыс. шт. усл. кирпича; CaO – изменение содержания извести в кирпиче; ГСК – образующиеся гидросиликаты кальция; t – температура в автоклаве; Д – давление в автоклаве

Учитывая сложность и принципиальность изменений силикатной смеси в стадии изотермической выдержки, автор счел целесообразным разделить эту стадию на два этапа. Кроме того, после третьей стадии по А.В. Волженскому введена дополнительно стадия остывания и интенсивной сушки на воздухе.

Первая стадия – подъем температуры и давления начиная с подачи пара в автоклав завершается при достижении заданного режима изотермической выдержки. Для силикатного кирпича ее продолжительность составляет 1,5–2 ч, а для крупноразмерных изделий до 3 ч.

Применяют только насыщенный пар, так как перегретый пар вызывает трещинообразование и снижает прочность изделий. Вначале целесообразно подавать отработанный пар перепуском из другого автоклава. В этой стадии продувкой паром удаляют из автоклава воздух, наличие которого вызывает искажение (увеличение) показания давления в автоклаве, а также снижает прочность изделий.

В промышленных условиях применяют насыщенный пар с избыточным давлением 8–10–12–16 кгс/см² и температурой соответственно 174,5–183,2–190,7–203,4°С. По экономическим соображениям оптимальным является применение пара с давлением 10–12 кгс/см². Именно в этой стадии автоклавной обработки потребляется наибольшее количество пара (до 90%). В это время образуется значительное количество конденсата, который необходимо удалять.

В конце этой стадии (А на рис. 2) появляется некоторое количество новообразований и прочность сырцовых изделий увеличивается. Упрочнение сырца в основном зависит от содержания в смеси тонкодисперсной фракции кварца.

Вторая стадия (Б) – первый этап изотермической выдержки (Б₁) начинается при достижении заданных температуры и давления пара и занимает примерно 50% от времени всей изотермической выдержки. На этой

стадии происходит наиболее интенсивное взаимодействие реагентов системы с образованием преимущественно высоконасыщенных гидросиликатов α-2C₃SH и CSH(II). Реакция между твердыми зёрнами кварца и высококонцентрированной суспензией Ca(OH)₂ происходит по топохимическому механизму на поверхности кварца при дефиците SiO₂ и без предварительного растворения компонентов в воде.

Как уже отмечалось ранее, при избытке и высокой удельной поверхности кварца реакция может происходить сразу с образованием CSH(I), тоберморита и других низкоосновных гидросиликатов кальция.

На этой стадии расходуется почти вся известь и достигается около половины всей прочности кирпича. Расход тепла составляет ~6% от всей величины теплозатрат на всю автоклавную обработку.

Третья стадия – второй этап изотермической выдержки (Б₂), в начале которой завершается процесс усвоения гидроксида кальция и начинается реакция по схеме C₂SH + n·H₂SiO₃ → CSH. Как указано выше, важное значение для осуществления этой реакции имеет наличие в технологической смеси тонкодисперсного кварца. Если в системе отсутствует фракция <80 мкм, то эта реакция практически не идет, образуется только C₂SH. Осуществление технологии, обеспечивающей максимальное получение низкоосновных гидросиликатов кальция, увеличивает количество связующего материала до 70%. Этот фактор обеспечивает существенное повышение технических свойств силикатного кирпича и других изделий. Реакция C₂SH + n·H₂SiO₃ происходит также по топохимическому механизму, с той лишь разницей, что C₂SH здесь является твердым телом, которое атакуют коллоидные частицы n·H₂SiO₃. Реакции осуществляются в малых объемах с радиусом 50–100 мкм, так как диффузионное движение дисперсных частиц и коллоидов ограничивается взаимодействием с соседними реагентами.

Четвертая стадия (В) включает прекращение подачи пара в автоклав, спуска давления пара до нуля путем перепуска его в другой автоклав и травления в атмосферу, выгрузку тележек с изделиями на выставочные пути склада. В производстве силикатного кирпича эта стадия длится 1–1,5 ч. В производстве крупноразмерных изделий, и особенно ячеистого бетона, во избежание нарушения структуры камня снижение давления пара должно быть плавным и не менее 3–6 ч.

Пятая стадия (Г) представляет собой отрезок времени от открытия крышки автоклава, выгрузки тележек с кирпичом на склад готовой продукции и полного остывания кирпича. В это время продолжает происходить интенсивное испарение воды из кирпича вследствие большой разницы температуры кирпича и окружающего воздуха (Δt > 100°С). Остаточная адсорбционная влажность кирпича составляет 3–4,5%. На этой стадии R_{сж} кирпича несколько увеличивается и достигает марочного показателя.

В заключение отметим следующие главные выводы.

Системный анализ результатов многих исследований по гидротермальному синтезу гидросиликатов кальция для получения искусственного камня позволяет обоснованно выдвинуть гипотезу о том, что химизм взаимодействия компонентов силикатной смеси обусловлен топохимической кислотно-основной реакцией непосредственно между водной суспензией извести и твердой поверхностью кварца, без предварительного растворения их в воде; затем аморфные и кристаллические высоконасыщенные ГСК реагируют с коллоидной кремнекислотой с образованием низкоосновных ГСК.

Эта гипотеза открывает дальнейшие возможности для более глубокого изучения химизма гидротермального синтеза.

Реакции гидротермального синтеза являются особым видом химического взаимодействия; они занимают равноправное положение наряду с реакциями в растворах, твердофазовыми реакциями и в расплавах. Скорость этих реакций (c) зависит от многих факторов:

$$c = f(t, V/T, S_u, S_k, K_{см}, P, \mu_{иш}, \mu_{ик}, C/S),$$

где t – температура среды, °С; V/T – водотвердое отношение; S – удельная поверхность извести; S_k – удельная поверхность кварца; $K_{см}$ – качество смешивания; P – плотность реакционной среды; $\mu_{иш}$ – химический потенциал извести; $\mu_{ик}$ – химический потенциал кварца; C/S – мольное отношение CaO и SiO_2 .

Выражение этой сложной зависимости в виде достоверной математической формулы с учетом недостаточной информации является преждевременным и, по-видимому, не очень актуальным. Для управления процессом автоклавной технологии получения искусственного камня имеется достаточно ясных, доступных и эффективных возможностей.

Список литературы

1. *Michaelis W.* Verfahren zur von Kunstsandstein. Patent-schrift № 14195. Ausgegeben den 2 june 1981.
2. *Волженский А.В.* Некоторые вопросы производства силикатного кирпича // Строит. материалы. 1935. № 9. С. 17.
3. *Бутт Ю.М., Рашкович Л.Н.* Твердение вяжущих при повышенных температурах. М.: Стройиздат, 1965.
4. *Кржеминский С.А., Судина Н.К., Варламов В.П.* Автоклавная обработка силикатных изделий. М.: Стройиздат, 1974.
5. *Леонтьев Е.Н.* Роль цементирующего вещества в создании прочности плотного (тяжелого) силикатного бетона. В кн. Автоклавные бетоны и изделия на их основе. Л.: Стройиздат, 1972.
6. *Боженов П.И.* Технология автоклавных материалов. Л.: Стройиздат, 1978. 367 с.
7. *Бесси Дж.Е.* Изделия на основе негидравлических вяжущих, содержащих гидросиликаты кальция. В кн. Химия цемента. М.: Стройиздат, 1969. 502 с.
8. *Тейлор Ф.Х.У.* Гидросиликаты кальция. В кн. Химия цемента. М.: Стройиздат, 1969. 502 с.
9. *Хохтеттер Р.* Растворимость кварца и извести в диапазоне температур до 225°С. Материалы III международного симпозиума по силикатным строитель-
10. *Хинт И.А.* Основы производства силикальцитных изделий. Л.–М.: Госстройиздат, 1962. 602 с.
11. *Виноградов Б.Н.* Сырье для производства автоклавных силикатных бетонов. М.: Стройиздат, 1966.
12. *Аугонис А.И., Саснаускас К.Т., Волженский А.В.* Механизм взаимодействия кварца, гидрооксида кальция и воды при гидротермальной обработке // Строит. материалы. 1979. № 10. С. 24–26.
13. *Хавкин Л.М.* Технология силикатного кирпича. М.: Стройиздат, 1982. 384 с.
14. *Хвостенков С.И.* Роль поверхностных факторов в технологических процессах производства силикатного кирпича // Сб. тр. ВНИИСТРОМ. Вып. 50(78). 1983.
15. *Хвостенков С.И.* Использование принципов физико-химической механики в технологии автоклавных материалов // Сб. тр. ВНИИСТРОМа. Вып. 70(98). 1991. С. 3–18.
16. *Эйтель В.* Физическая химия силикатов. М.: ИЛ, 1962. 1055 с.
17. *Будников П.П., Петровых Н.В.* Влияние дисперсности массы и температуры гидротермальной обработки на процесс формирования и свойства силикатного строительного материала. Тр. МХТИ им. Д.И. Менделеева. Вып. XXIV. 1957.
18. *Хитаров Н.И., Рыженко Б.Н., Шекина Т.И.* О форме кремнезема и глинозема в водных растворах. Труды VIII совещания по экспериментальной и технической минералогии. М.: Наука, 1971. С. 288–290.
19. *Адам Н.К.* Физика и химия поверхностей. М.–Л.: ОГИЗ Гостехиздат, 1947. 552 с.
20. *Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А.* Физическая химия. М.: Металлургия, 1968. 520 с.
21. *Байков А.А.* Портландцемент и теория твердения гидравлических цементов // Сб. тр. Т. V. М.–Л.: Изд. АН СССР, 1948.
22. *Сорочкин М.А., Шуруп А.Ф., Нежданов В.М., Холланов Л.П., Нехорошев А.В.* Топохимический механизм газогидратации минеральных вяжущих веществ // Цемент. 1987. С. 18–19.
23. *Уокер Р., Пуртон М.* Исследование процессов в силикатном кирпиче во время обработки в автоклаве // В кн. Материалы III международного симпозиума по силикатным строительным изделиям автоклавного твердения. М.: ВНИИСТРОМ, 1974. 642 с.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Научно-технический семинар

Структурообразование, прочность и разрушение композиционных материалов и конструкций

16–17 октября 2008 г., Одесса, Украина

Руководитель семинара: д-р техн. наук **В.Н. Выровой**

Секретарь: канд. техн. наук **В.И. Мартынов**

65029, Украина, Одесса, ул. Дидрихсона, 4, ОГАСА, кафедра ПСК

Телефон: +380 (48) 720-63-34, факс +380 (48) 723-34-44

e-mail: ogasa_psk@ukr.net

СОБЫТИЯ

Некоммерческая организация «Хризотилевая ассоциация» объявляет 2008 г. Годом шифера в России

Акция приурочена к столетнему юбилею начала производства этого самого продаваемого в России кровельного материала.

История производства в России волнистых и плоских асбестоцементных кровельных листов, более известных как шифер, началась 100 лет назад в Брянске, где было организовано товарищество первого русского завода искусственного шифера «Террофазерит». Товарищество построило завод и обеспечило снабжение кровельными материалами населения и предприятий Брянской, Смоленской, Калужской, Киевской и Гомельской губерний. Социально-экономическая значимость нового предприятия была отмечена императором России Николаем II.

На протяжении вот уже 100 лет шифер был и остается основным кровельным материалом для нашей страны, а его потребительские качества и социально-экономическое значение позволяют из года в год подтверждать звание

самого продаваемого кровельного материала в России. В настоящее время более чем в 60 странах мира, где проживает 2/3 населения Земли, шифер занимает лидирующие позиции на рынке кровельных материалов, оставаясь наряду с другими хризотил-цементными продуктами самым доступным решением насущной проблемы обеспечения жильем населения стран, относящихся к разряду «новых экономик».

В настоящее время в России шифер производится на 16 асбестоцементных комбинатах, расположенных по всей территории России. Объем производства шифера в 2007 г. составил 1,876 млрд условных плит. В рамках Года шифера в России НО «Хризотилевая ассоциация» организует серию информационных мероприятий во всех федеральных округах России, целью которых является представление широкой общественности информации об истинных свойствах и потребительских качествах хризотил-цементных материалов.

По материалам НО «Хризотилевая ассоциация»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Производители экструдированного пенополистирола объединяются

В мае компании – производители теплоизоляционных материалов из экструдированного пенополистирола (XPS) – ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб», ООО «ДАУ Кемикал» и ООО «УРСА Евразия» объявили о создании Российской ассоциации производителей экструдированного пенополистирола – РАПЭКС (RAPEX).

Задачи этой некоммерческой организации: формирование цивилизованного рынка теплоизоляционных материалов из XPS, продвижение стандартов качества материала, обеспечение потребителей достоверной информацией об экструдированном пенополистироле. С внедрением новых норм в строительстве, учитывающих фактор энергосбережения, спрос на качественные теплоизоляционные материалы будет расти. Обеспечить потребителя продукцией, соответствующей заявленному назначению и параметрам, возможно на основе контроля продукции в соответствии с техническими стандартами. Основными целями стандартизации являются единство терминологии и определений, номенклатуры показателей, методов измерений, процедур

подтверждения соответствия. В настоящее время в России нет стандарта на производство изделий из XPS, поэтому одной из основных задач РАПЭКС является разработка пакета национальных стандартов.

По данным Федеральной службы государственной статистики РФ, потребление теплоизоляционных материалов на 1 тыс. жителей составляет 185 м³ на человека, в то время как в Швеции такой показатель равен 600 м³. С внедрением новых норм в строительстве, учитывающих фактор энергосбережения, спрос на качественные теплоизоляционные материалы будет расти.

Российский рынок теплоизоляционных материалов (ТИМ) в настоящее время является самым динамично развивающимся рынком в Европе. Объем российского рынка ТИМ в 2007 г. составил около 1,4 млрд USD. Сегмент теплоизоляции из экструдированного пенополистирола представляет собой самый быстрорастущий на российском рынке ТИМ. Среднегодовой прирост рынка XPS составляет около 30%. На долю компаний – участников ассоциации приходится около 76% рынка теплоизоляционных материалов из XPS.

Собственная информация

Новые продукты ISOVER

В апреле компания «Сен-Гобен Строительная Продукция» представила рынку три новых изоляционных продукта: ISOVER СкатнаяКровля, ISOVER ЗвукоЗащита, ISOVER ВентФасад, которые имеют оптимальный набор характеристик, отвечают потребностям российского рынка, разработаны с учетом нормативов строительства в России. Отличительной особенностью всех трех продуктов является то, что они создавались исходя из принципа наибольшего удобства в работе.

Плиты ISOVER СкатнаяКровля предназначены для утепления скатных крыш. Главное преимущество продукта – усиленная влагостойкость. Она достигается благодаря специальной технологии, придающей волокну повышенные гидрофобные свойства. Материал также обладает высокими теплозащитными характеристиками (теплопроводность $\lambda_D = 0,037$ Вт/(м·К)). Плиты

ISOVER ЗвукоЗащита предназначены для звукоизоляции перегородок. Этот продукт демонстрирует хорошие акустические свойства в конструкции (45 дБ в стандартной перегородке из гипсокартона), что подтверждено испытаниями в НИИ строительной физики. Специальная ширина 610 мм позволяет устанавливать плиты враспор и надежно фиксировать их в конструкции. Двухслойное решение ISOVER ВентФасад обеспечивает одновременно максимальную теплозащиту ($\lambda_D = 0,031-0,033$ Вт/(м·К)) и надежную ветрозащиту. Наличие специального стеклохолста дает возможность отказаться от применения ветрозащитных пленок, а наличие двух слоев, один из которых мягкий, а второй жесткий, исключает сквозные швы и обеспечивает стабильность формы материала в системе.

По материалам пресс-службы ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

«Сибирский цемент» примет участие в строительстве еще одного завода в Казахстане

В Астане подписано соглашение о взаимном сотрудничестве между ОАО «Холдинговая Компания «Сибирский цемент» (Россия) и АО «VI Group» (Казахстан) в проекте строящегося цементного завода вблизи Астаны. Организатором сделки и финансовым консультантом АО «VI Group» выступила казахстанская инвестиционная компания Blackstone Capital. Взаимное стратегическое сотрудничество значительно увеличит производительную мощность будущего завода и позволит ему стать крупнейшим в Казахстане. По условиям соглашения доли партнеров в проекте составляют по 50 %. Маркетинговая политика определяется казахстанским совладельцем.

В качестве основного партнера — производителя цементного оборудования была выбрана чешская компания PSP Engineering.

По первоначальному проекту планируемый объем производства составлял 550 тыс. т в год, теперь по условиям подписанного соглашения он составит 1,75 млн. т. Общая сумма финансирования проекта возрастет с 120 млн до 320 млн USD. По новым условиям уже в четвертом квартале 2008 г. «VI Cement» начнет выпускать цемент на заводе клинкера, который будет поставляться с заводов «Сибирского цемента». Через 2,5–3 года завод начнет работать на полную мощность.

По материалам пресс-службы
ОАО «Холдинговая Компания
«Сибирский цемент»

Для белорусских цементных предприятий введены нормативы отчислений в национальный фонд развития

В Белоруссии с 1 апреля 2008 г. по 31 декабря 2010 г. цементные заводы ежемесячно будут вносить в государственный целевой бюджетный фонд национального развития 80% прибыли, остающейся в их распоряжении после уплаты в установленном порядке налогов и сборов. Также в этот фонд будет направлено 90% налога на прибыль, уплачиваемого цементными заводами. Распределение средств, поступивших в фонд, будет осуществляться по решению президента на основании предложений правительства. Одним из направлений использования этих средств будет финансирование мероприятий государственной комплексной программы развития материально-технической базы строительной отрасли на 2006–2010 гг.

Цементные заводы будут отчислять часть прибыли в фонд развития в связи с повышением с 1 апреля 2008 г.

внутренней отпускной цены за 1 т (в таре) отечественного цемента до уровня импортируемого цемента — 135 USD (без учета НДС). В результате введения единой цены организации, производящие цемент, получают дополнительную прибыль. В этой связи в 2008 г. поступления в бюджет от введения единой цены на цемент составят около 240 млрд белорусских рублей. Оставшаяся прибыль цементных предприятий от увеличения цены остается в их распоряжении для обеспечения стабильной работы. На эти предприятия не распространяются нормы принятого в декабре 2005 г. указа, предусматривающие перечисление части прибыли в фонд национального развития в зависимости от уровня рентабельности. В результате повышения цены на отечественный цемент уровень рентабельности реализованной продукции вырастет до 70–100%.

По материалам
информационного агентства
«Интерфакс Запад»

«Кызылкумцемент» модернизируют французы

Узбекистан выбрал французскую инжиниринговую компанию «Satarem SA» подрядчиком для модернизации крупнейшего цементного завода «Кызылкумцемент». Французская компания к 2011 г. реконструирует действующее производство, а также построит дополнительную производственную линию, что позволит увеличить мощности подконтрольного государству завода до 4,08 млн т в год. Расчетная стоимость проекта составляет около 150 млн USD. Проект включает строительство новой производственной линии, а также реконструкцию и модернизацию уже действующих. Половина стоимости проекта будет задействована за счет собственных средств, другая — из заемных средств.

Пробные партии цемента на УзРТСБ ОАО «Кызылкумцемент» начало выставлять еще в 2005 г., но системные поставки этого вида продукции начались лишь с начала текущего года. В общей структуре реализованного на УзРТСБ цемента доля Кызылкумцемента в 2008 г. составляет 38%. Утвержденная проектная мощность трех действующих линий составляет 3,8 млн т цемента в год. Завод имеет сырьевую базу: карьер известняков, расположенный на расстоянии 7 км от промплощадки завода, и карьер сланцев в 10 км от завода. Всего в Узбекистане работает 6 цементных заводов. Их суммарная мощность около 6,5 млн т в год.

По материалам
информационного агентства
«UzReport»

Новое производство ОАО «ЗЯБ»

В конце апреля на ОАО «ЗЯБ» (г. Набережные Челны) состоялось торжественное открытие новой технологической линии немецкой компании «Frima» по производству вибропрессованных изделий.

Общие инвестиции в создание новой автоматической линии составили 5 млн евро. Инвестиционный период длился год. Монтаж оборудования осуществляло инжиниринговое подразделение ОАО «ЗЯБ» совместно с немец-

кими специалистами. Только при односменной работе новые производственные мощности позволят заводу производить 260 тыс. м² вибропрессованных изделий в год. В результате пуска новой линии завод сможет занять четверть рынка брусчатки Татарстана. По оценкам экспертов в республике используется 1–1,5 млн м² брусчатки в год.

По материалам
пресс-службы ООО «ЗЯБ»

Требования к материалам, направляемым в группу журналов «Строительные материалы»® для опубликования

В группе журналов «Строительные материалы»® публикуются оригинальные статьи, нигде ранее не опубликованные и не предназначенные для одновременной публикации в других изданиях.

Научные статьи рецензируются специалистами.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.1–2003. Цитируемая литература приводится общим списком в конце статьи в порядке упоминания. Порядковый номер в тексте заключается в квадратные скобки.

В начале статьи указывается УДК.

Статьи, направляемые в редакцию группы журналов «Строительные материалы»® для опубликования, должны оформляться в соответствии с *техническими требованиями*:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word (рекомендуемый объем 10 страниц машинописного текста или 10 тыс. знаков, включая таблицы и рисунки; размер шрифта 14, печать через 1,5 интервала, поля 3–4 см) и сохранен в формате *.doc или *.rtf;
- **единицы физических величин должны быть приведены в Международной системе единиц (СИ);**
- **для названий химических соединений необходимо придерживаться терминологии, рекомендуемой ИЮПАК;**
- графические материалы (*графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.*) должны быть представлены **отдельными файлами** в форматах *.cdr, *.ai, *.eps, выполненные в графических редакторах: CorelDraw и Adobe Illustrator. При изготовлении чертежей в системах автоматического проектирования

(AutoCAD, Visuo и др.) необходимо экспортировать чертежи в формат *.eps. **Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо. Диаграммы, выполненные в Microsoft Excel, не принимаются.**

- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, либо в электронном виде – **отдельными файлами** в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «8 – максимальное») или *.eps (Adobe PhotoShop) с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Весь материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться:

- рекомендательным письмом руководителя предприятия (института) с указанием, является ли работа диссертационной;
- распечаткой, лично подписанной авторами;
- рефератом на русском и английском языках;
- подтверждением, что статья предназначена для публикации в группе журналов «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 и ученого звания (звания в негосударственных академиях наук не указывать), должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов.

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте группы журналов www.rifsm.ru/avtoram.php.

Как оформить подписку на журнал «Строительные материалы»®

На почте:

**Индексы 70886, 87723 – по объединенному каталогу «Пресса России»
79809, 36108, 20461, 36109 – по каталогу агентства «Роспечать»
61970 – по каталогу «Издания органов научно-технической информации»**

В редакции:

**Заявки на подписку принимаются по факсу (495) 976-22-08, 976-20-36
или по электронной почте mail@rifsm.ru, rifsm@mail.ru**

Через Интернет:

На сайте журнала «Строительные материалы»® www.rifsm.ru в разделе «Подписка» (www.rifsm.ru/podpiska.php)

Альтернативная подписка:

«Агентство Артос-Гал»	(495) 160 58 47 504 13 45	«Экс-Пресс»	(495) 234 23 80
«Вся пресса»	(495) 787 34 47	«Урал-Пресс»	(495) 257 86 36 (343) 375 80 71
«Информ Наука»	(495) 787 38 73	«Агентство «Коммерсант-Курьер»	(495) 614 25 05
«Интер-почта»	(495) 500 00 60		(843) 291 09 82
«Красносельское агентство «Союзпечать»	(495) 707 12 88 707 16 58	РУП «Белпочта», Минск, Беларусь	(375-17) 227 75 27