

**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.  
ГРИДЧИН А.М.  
ЖУРАВЛЕВ А.А.  
КОВАЛЬ С.В.  
КОЗИНА В.Л.  
КРАСОВИЦКИЙ Ю.В.  
ЛЕСОВИК В.С.  
ПИЧУГИН А.П.  
РУДЫЧЕВ А.А.  
ФЕДОСОВ С.В.  
ФИЛИППОВ Е.В.  
ХИХЛУХА Л.В.  
ЧЕРНЫШОВ Е.М.  
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**  
**E-mail: mail@rifsm.ru**  
**http://www.rifsm.ru**

## Дорожное строительство – наука и практика

С.В. КАРПЕЕВ, А.А. СУХОВ, С.П. АРЖАНУХИНА, Н.Е. КОКОДЕЕВА

### **Экономическая эффективность деятельности органов управления дорожным хозяйством по вопросам освоения новых технологий, техники и материалов ..... 4**

Представлена методика оценки экономической эффективности деятельности органов управления дорожным хозяйством с примером ее применения для защитных пластиковых панелей барьерных ограждений автомобильных дорог.

А.П. ЛУПАНОВ, И.Б. БАБКОВ

### **Эмульсионная установка контейнерного типа «Дор-Эм» ..... 8**

Приведено описание и технические характеристики разработанной и поставленной на производство эмульсионной установки контейнерного типа «Дор-Эм». Дано краткое экономическое обоснование холодных технологий в производстве асфальтобетонных смесей.

В.Е. НИКИШИН

### **Ресурсосберегающая технология холодной регенерации асфальтобетона ..... 10**

Технология холодной регенерации асфальтобетона с дисперсным битумом имеет ряд преимуществ по сравнению с применяемыми технологиями горячей и холодной регенерации. Технология может быть реализована на оборудовании существующих АБЗ. Холодные регенерированные смеси можно применять для устройства покрытий и оснований дорожных одежд.

Е.П. КУЛИК

### **Холодные асфальтобетонные смеси, приготавливаемые без сушки и нагрева минерального материала ..... 14**

Выполнен подбор оптимального состава для приготовления асфальтобетонных смесей по холодной технологии с учетом фракций песчано-щебеночной смеси, марки и количества разжиженного битума, выбран состав разжижения. Проанализировано влияние влажности наполнителей на свойства асфальтобетонной смеси. Представлен механизм действия предлагаемого ПАВ Карбоксиава.

С.П. АРЖАНУХИНА

### **Современное состояние вопросов зимнего содержания автомобильных дорог ..... 16**

Рассматриваются современные технологии зимнего содержания автомобильных дорог, основанные на применении безводного хлористого кальция как основного компонента многокомпонентных противогололедных материалов.

В.В. ЯДЫКИНА, А. Е. АКИМОВ, А. М. ГРИДЧИН

### **СВЧ-активация битумов как способ повышения физико-механических и эксплуатационных параметров асфальтобетона ..... 20**

Рассмотрено изменение физико-механических характеристик асфальтобетона при применении в его составе битума, активированного СВЧ-полем. Отмечено повышение прочности и водостойкости полученного композита.

А.В. КОРОЧКИН, Д.С. МАРТЯХИН

### **Требуемая прочность жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием ..... 22**

Представлена методика определения требуемой прочности жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием, основанная на результатах натурных исследований на автодороге М-2 «Крым». Приводится сравнение и анализ предлагаемых расчетов с данными, получаемыми в соответствии с действующим нормативным документом.

Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ

**Оценка свойств дорожно-строительных материалов на этапе автоматизированных испытаний .....25**

Приводится анализ недостатков и путей совершенствования системы нормативно-методического обеспечения испытаний дорожно-строительных материалов

А.Н. ПОПОВ, Д.Е. БАРАБАШ, И.Г. ШАШКОВ

**Совершенствование методики оценки технического состояния бетонных аэродромных покрытий на основе вероятностно-статистического прогноза .....28**

Представлена вероятностно-статистическая модель развития и накопления повреждений аэродромных покрытий, полученная с использованием основных зависимостей теории надежности, и ее реализации в методике оценки эксплуатационной долговечности бетонных аэродромных покрытий

Г.И. НАДЫКТО, В.Д. ГАЛДИНА, В.С. ПРОКОПЕЦ

**Структура и свойства асфальтовых вяжущих на основе минеральных порошков различной природы .....32**

Изучены свойства минеральных порошков из сырья различной природы и асфальтовых вяжущих на их основе. Установлена взаимосвязь между структурой и свойствами асфальтовых вяжущих, изготовленных при разном соотношении Б/МП. Показано, что структурирующая способность минеральных порошков зависит от вида сырья.

**Всероссийский научно-практический семинар «Применение перспективных технических решений при строительстве автомобильных дорог» (Информация) .....35****Материалы и конструкции**

И.В. БЕССОНОВ, А.В. СТАРОСТИН, В.М. ОСЬКИН

**Эксплуатационная пригодность минераловатной теплоизоляции на основе стекловолокна .....37**

Обобщены результаты работ по изучению влияния циклических температурно-влажностных воздействий на эксплуатационные характеристики минераловатных теплоизоляционных плит, а также стойкости фенолформальдегидного связующего к термоокислительной деструкции. Испытания были проведены по инициативе группы «Сен-Гобен», для их проведения выбраны минераловатные плиты на основе стекловолокна ISOVER KL 34 плотностью 19 кг/м<sup>3</sup> и ISOVER KT 37.

Я.И. ЗЕЛЬМАНОВИЧ, В.Д. МОГИЛЕВСКИЙ

**Полифункциональный рулонный материал: дренаж, гидро-, тепло-, звукоизоляция «в одном флаконе» .....41**

Приведены свойства полифункционального рулонного материала серии Днепротекс. Показаны области и технология их применения для дренажа, гидроизоляции и др.

Ю.П. ШУЛЬЖЕНКО, А.Ф. ЛЕВИН

**Полимерная кровля Курского вокзала Москвы: 40 лет эксплуатации .....45**

Дан технологически обоснованный выбор кровельного покрытия на здании Курского вокзала (Москва). Приведены результаты многолетних наблюдений и разработан методика испытаний, имитирующих эксплуатационные условия кровли. Показана последовательность операций при выполнении ремонта кровли Курского вокзала.

**КНАУФ-Файерборд – новый продукт в линейке огнезащитных материалов КНАУФ (Информация) .....50****Результаты научных исследований**

В.И. КАЛАШНИКОВ

**Капиллярная усадка высокопрочных реакционно-порошковых бетонов и влияние масштабного фактора .....52**

Приведены показатели прочности реакционно-порошкового бетона и изучены усадочные деформации в образцах-призмах различных размеров. Установлено, что различия в значениях усадки бетона в призмах разных размеров соотносятся с масштабным коэффициентом, равным отношению модулей поверхностей в степени 2/3.

М.В. МИХЕЕВА, Е.Н. ЧЕРЕЗОВА, А.Ю. ФОМИН, В.Г. ХОЗИН

**Вяжущие для бетонов на основе сополимеров серы и нефтесополимерной смолы .....54**

Путем сополимеризации серы и нефтесополимерной смолы получены полисульфидные олигомеры, способные выполнять функцию вяжущего в составе строительного бетона и придающие бетону сравнительно высокие прочностные характеристики.

В.Е. РУМЯНЦЕВА, С.В. ФЕДОСОВ

**Некоторые теоретические и прикладные аспекты противокоррозионной защиты арматурной стали .....57**

Рассмотрены вопросы теории коррозии металлов, дано представление об электрохимическом механизме протекающих процессов деструкции. Подробно описаны методы противокоррозионной защиты. Приведен анализ результатов экспериментов, которые стали предпосылками для разработки модифицированного раствора холодного фосфатирования арматурной стали как одного из путей борьбы с коррозией.

А.А. ГОРБАТОВСКИЙ, С.В. ДРОНОВ, А.А. ИВАНОВ

**Свойства герметиков для санации трещин и особенности их применения** ..... 60

Рассматриваются основные причины образования трещин в дорожных покрытиях, кратко описана технология герметизации трещин. Рассматриваются особенности применения различных марок битумно-полимерных мастик, приведены характеристики нескольких типичных битумных герметиков.

Г.Н. ШИБАЕВА

**Шпатлевка на основе полимерсиликатного вяжущего и отходов гидролизного производства** ..... 62

Описана разработанная автором шпатлевка, которая содержит вяжущие вещества и заполнители как минерального, так и органического происхождения. Показаны технологические и эксплуатационные свойства шпатлевки. Приведена технология изготовления с применением стандартного технологического оборудования.

А.А. ПОЛЬНИКОВ

**Изменение состава сухой смеси при струйном перемещении** ..... 65

Рассматривается изменение массового состава сухой строительной смеси при струйном сбросе (перемещении) с различной высоты. Вводится определение основного устойчивого свойства смеси, определяющего характерные связи компонентов.

**Мастер-класс «Высокопрочный бетон» для специалистов отрасли (Информация)** ..... 68**Новости** ..... 70

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ® technology

тематический раздел научно-технического журнала «Строительные Материалы» № 5–2010 г.

А.В. МОНАСТЫРЕВ

**Эффективные короткие вращающиеся печи для производства извести высокого качества** ..... 75

Представлены эффективные конструкции шахтного подогревателя сырья и шахтного холодильника извести, при использовании которых типовые вращающиеся печи размером 2,3×22 м; 2,5×40 м; 3,6×50 м; 4×60 м могут выпускать известь, содержащую 85–90% активных CaO+MgO и 3–4% остаточного CO<sub>2</sub> при удельном расходе условного топлива 200 кг. Описана возможность строительства печей, которые могут обжигать чистый известняк фракции 20–45 мм с получением извести высокого качества при удельном расходе 160 кг условного топлива.

А.И. НИЖЕГОРОДОВ

**Критерии выбора оптимального режима работы электрической модульной печи для обжига вермикулита** ..... 78

Приведены результаты исследования аналитической модели системы печь–среда и критерии выбора режима работы печи с экстремальными показателями эффективности.

С.В. ФЕДОСОВ, Ю.А. ЩЕПОЧКИНА

**О перспективных конструкциях пресс-форм для изготовления бетонных и железобетонных изделий с криволинейными поверхностями** ..... 82

Рассмотрены варианты выполнения новых конструкций пресс-форм для изготовления бетонных и железобетонных изделий прямоугольной и круглой конфигураций с выпуклыми и вогнутыми поверхностями.

Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, В.И. НИКОЛАЕВ, Н.В. ПИГЛОВСКИЙ, М.Н. ФЕДОРОВА

**Конструкции, расчет и аэродинамическая оптимизация вихревых пылеуловителей в производстве строительных материалов** ..... 84

Рассмотрены перспективные конструктивные решения вихревых пылеуловителей соплового и лопаточного типов и варианты подвода вторичного газа к этим аппаратам. Особый интерес представляет вихревой пылеуловитель типа «Multiwir» (Германия), обладающий высокой эффективностью и низким гидравлическим сопротивлением. Представлены оптимальные в аэродинамическом плане завихрители, обеспечивающие минимальные энергетические затраты. Рекомендован отсос небольшого количества запыленного газа из бункеров вихревых пылеуловителей. Показаны технологические и эксплуатационные преимущества вихревых пылеуловителей.

Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, И.Б. ЧЕЛПАНОВ, С.И. ВОЗНЫЙ, Б.А. МЫРЗАХМЕТОВ

**Методика измерений характеристик дорожно-строительных материалов, аттестация, градуировка, поверка** ..... 88

Средства измерений в ряде случаев являются объектами испытаний. Эта проблематика рассматривается применительно к средствам измерения характеристик дорожно-строительных материалов.

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

**Не забудьте оформить подписку своевременно!**

С.В. КАРПЕЕВ, руководитель Отраслевого центра внедрения прогрессивных технологий (aksi@online.ru), А.А. СУХОВ, начальник отдела, ФГУП «РОСДОРНИИ», (Москва), С.П. АРЖАНУХИНА, канд. техн. наук, ООО ПФ «Волга-Стандарт-D», (Саратов), Н.Е. КОКОДЕЕВА, канд. техн. наук, Саратовский государственный технический университет

## Экономическая эффективность деятельности органов управления дорожным хозяйством по вопросам освоения новых технологий, техники и материалов

В основе оценки эффективности деятельности органов управления дорожным хозяйством по освоению новых технологий лежат следующие основные принципы:

- рассмотрение последствий реализации инновации на протяжении ее жизненного цикла (расчетного периода сравнения вариантов);
- моделирование всех видов денежных потоков инновации (поступлений и расходов) за весь расчетный период;
- положительность и максимум эффекта, достигаемого от реализации инновации;
- учет фактора времени, то есть неравноценности получаемых результатов и осуществляемых затрат в разные моменты времени расчетного периода;
- учет предстоящих затрат и поступлений;
- учет влияния инфляции;
- учет влияния факторов неопределенности и риска.

Для оценки эффективности внедрения инновации используют следующие основные показатели, базирующиеся на соизмерении результатов и затрат от их реализации: интегральный эффект или чистый дисконтируемый доход, индекс доходности инновации и срок окупаемости.

Чистый дисконтируемый доход (ЧДД) — сумма дисконтированных потоков чистых выгод от внедрения, определяемая как разница между результатами и затратами на протяжении всего расчетного периода:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{R_t - Z_t}{(1+r)^t}, \quad (1)$$

где  $R_t$  — результаты от осуществления инновации за год  $t$ ;  $Z_t$  — затраты на реализацию инновации за год  $t$ ;  $r$  — норма дисконта;  $T$  — расчетный период сравнения вариантов, годы;  $t$  — порядковый номер года;  $(1+r)^t$  — коэффициент дисконтирования.

Если  $\text{ЧДД} > 0$ , то доходность инвестиционного проекта превышает доходность, заданную нормой дисконта, если  $\text{ЧДД} = 0$ , то его доходность равна  $r$ . При  $\text{ЧДД} < 0$  доходность проекта ниже заданной нормы прибыли и от него следует отказаться.

Индекс доходности (ИД) — увеличенное на единицу отношение чистого дисконтируемого дохода к дисконтируемой величине инвестиций:

$$\text{ИД} = 1 + \frac{\text{ЧДД}}{\sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+r)^t}}, \quad (2)$$

где  $I_t$  — инвестиции в год  $t$ .

Индекс доходности инвестиций всегда больше единицы для проектов с положительным ЧДД и наоборот.

Срок окупаемости  $T_0$  — период, по истечении которого чистый дисконтируемый доход становится положительным. Срок окупаемости определяется из условия:

$$\sum_{t=0}^{T_0} \frac{R_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^{T_0} \frac{Z_t}{(1+r)^t}. \quad (3)$$

Содержание входящих в формулы (1–3) показателей результатов и затрат, а также норм дисконта зависит от вида рассчитываемой эффективности проекта.

Получаемые при расчете общественной эффективности ремонта автомобильных дорог результаты — это социально-экономические эффекты на транспорте и в социальной сфере, получаемые от их простого воспроизводства, а затраты — общественно необходимые (государственные) издержки на выполнение ремонта, рассчитываемые на основе так называемых экономических, то есть за вычетом налогов и других трансфертных платежей цен.

На каждом шагу значение денежного потока характеризуется тремя показателями: притоком средств, оттоком средств и сальдо потока, равным разнице между притоком и оттоком средств.

Денежные потоки могут выражаться в текущих, прогнозируемых и дефлированных ценах в зависимости от того, в каких ценах выражаются на каждом шагу их притоки и оттоки.

Текущими называются цены без учета инфляции, заложенные в проект на момент его разработки; прогнозируемыми — цены с учетом инфляции, ожидаемые на будущих шагах расчета; дефлированными — прогнозируемые цены, приведенные к уровню цен фиксированного момента времени путем деления на базисный индекс инфляции.

При определении коммерческой и финансовой эффективности реализации инновации расчет денежных потоков следует производить в прогнозируемых ценах для установления его финансовой реализуемости, характеризующей достаточностью средств для продолжения проекта на каждом шагу расчета. Достаточным условием финансовой реализуемости проекта является неотрицательность величины накопленного суммарного сальдо потока от всех видов деятельности на каждом этапе расчета.

Название проекта	Вертикальная разметка (пластиковые панели)								
Длительность интервала планирования, дни	365								
Срок жизни проекта (число шагов)	7								
Начало проекта (0 или год начала)	0								
Единица измерения расчета	руб.								
<b>Макроэкономическое окружение</b>									
Показатели	Ед. изм.	0	1 г.	2 г.	3 г.	4 г.	5 г.	6 г.	7 г.
Безрисковая норма дисконта		1,105	1,105	1,105	1,105	1,105	1,105	1,105	1,105
Степень риска	%	13	13	13	13	13	13	13	13
Темп инфляции шага расчета	%	0	9	8,75	8,5	8,25	8,9	7,75	7,5
<b>Бюджетные инвестиции</b>									
Показатели	Ед. изм.	0	1 г.	2 г.	3 г.	4 г.	5 г.	6 г.	7 г.
Затраты на материалы (пластиковые панели)	руб.	450000	0	0	0	0	0	0	0
Индекс инфляции за расчетный шаг	%	0	9	8,75	8,5	8,25	8	7,75	7,5
Затраты на монтаж	руб.	30000	0	0	0	0	0	0	0
Индекс инфляции за расчетный шаг	%	0	9	8,75	8,5	8,25	8	7,75	7,5
<b>Кредиты</b>									
Показатели	Ед. изм.	0	1 г.	2 г.	3 г.	4 г.	5 г.	6 г.	7 г.
	руб.	0	0	0	0	0	0	0	0
Индекс инфляции за расчетный шаг	%	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Текущие затраты «ситуация с проектом»</b>									
Показатели	Ед. изм.	0	1 г.	2 г.	3 г.	4 г.	5 г.	6 г.	7 г.
Затраты на содержание барьерного ограждения	руб.	17160	17160	17160	17160	17160	17160	17160	17160
Индекс инфляции за расчетный шаг	%	0	9	8,75	8,5	8,25	8	7,75	7,5
<b>Текущие затраты «ситуация без проекта»</b>									
Показатели	Ед. изм.	0	1 г.	2 г.	3 г.	4 г.	5 г.	6 г.	7 г.
Затраты на содержание барьерного ограждения	руб.	37712	37712	37712	37712	37712	37712	37712	37712
Индекс инфляции за расчетный шаг	%	0	9	8,75	8,5	8,25	8	7,75	7,5
<b>Внетранспортный эффект (прирост ВРП)</b>									
Показатели	Ед. изм.	0	1 г.	2 г.	3 г.	4 г.	5 г.	6 г.	7 г.
Эффект от повышения уровня безопасности движения	руб.	204845	204845	204845	204845	204845	204845	204845	204845
Индекс инфляции за расчетный шаг	%	0	9	8,75	8,5	8,25	8	7,75	7,5
<b>Расчетные условия вариантов</b>									
Показатели	Ед. изм.	0	1 г.	2 г.	3 г.	4 г.	5 г.	6 г.	7 г.
Единоновременные затраты	руб.	480000	0	0	0	0	0	0	0
Текущие затраты «ситуация с проектом»	руб.	17160	18704,4	18661,5	18618,6	18575,7	18532,8	18489,9	18447
Текущие затраты «ситуация без проекта»	руб.	37712	41106,08	41011,8	40917,52	40823,24	40728,96	40634,68	40540,4
Внетранспортный эффект (прирост ВРП)	руб.	204845	223281,05	222768,94	222256,83	221744,71	221232,6	220720,49	220208,38
Норма дисконта+1, E+1		1	1,235	1,235	1,235	1,235	1,235	1,235	1,235
П (1+E) – за период		1	1,235	1,525	1,883	2,326	2,873	3,548	4,382
Коэффициент дисконтирования		1	0,81	0,656	0,531	0,43	0,348	0,282	0,228
<b>Чистый дисконтированный доход</b>	руб.	-254603	-720031,4	+75829	+195514,8	+292435,5	+370873,7	+434435,6	+485826,1
<b>Основные показатели</b>									
<b>Чистый дисконтированный доход 485826.1 р.</b>									
<b>Индекс доходности 2,012</b>									
<b>Точка безубыточности 1 г. 5 мес 28 дн.</b>									

Оценка показателей эффективности проекта должна производиться на основе суммарного денежного потока в дефлированных ценах.

Оценка общественной эффективности капитально-ремонтных автомобильных дорог должна осуществляться, как правило, в сопоставлении с другими вариантами (стратегиями) их простого и расширенного воспроизводства: ремонтом, реконструкцией, а в ряде случаев и с новым строительством. При этом рекомендуется рассматривать несколько конкурентоспособных альтернативных вариантов капитального ремонта автомобильных дорог по технологии и организации производства для оптимизации принимаемых проектных решений. При расчете общественной эффективности проектов ремонта дорог учитывают следующие формы экономической эффективности инвестиций (виды годового экономического эффекта) от их простого воспроизводства.

Эффект от снижения себестоимости перевозок грузов и пассажиров (транспортных расходов) в результате повышения скорости движения  $R_{1t}$ :

$$R_{1t} = C \cdot N_t \cdot 365 \cdot L \cdot (1/V_H - 1/V_K), \quad (4)$$

где  $C$  — средневзвешенная по составу транспортного потока стоимость пробега автомобилей в расчете на 1 авт./ч ( $C = C_1 \cdot \gamma_1 + C_2 \cdot \gamma_2 + C_3 \cdot \gamma_3$ );  $C_1, C_2, C_3$  — стоимость 1 авт./ч пробега соответственно легковых и легких грузовых автомобилей; средних грузовых автомобилей и тяжелых грузовых автомобилей и автобусов;  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  — удельная масса указанных выше автомобилей в составе потока;  $N_t$  — среднегодовая суточная интенсивность движения по дороге на  $t$ -й год сравнения вариантов, авт./сут;  $L$  — протяженность ремонтируемой дороги, км;  $V_H, V_K$  — скорость движения по дороге до и после ремонта, км/ч.

Для сравниваемых вариантов эффект от снижения себестоимости перевозок грузов и пассажиров (транспортных расходов) в результате повышения скорости движения  $R_{1t}$  в наших расчетах принимаем одинаковым.

Эффект от снижения социальных потерь в результате сокращения времени пребывания в пути пассажиров  $R_{2t}$ :

$$R_{2t} = C_{\text{пас}} \cdot (B_1 \cdot N_{1t} + B_a \cdot N_{at}) \cdot 365 \cdot L \cdot (1/V_H - 1/V_K), \quad (5)$$

где  $C_{\text{пас}}$  — стоимостная оценка социальных потерь в расчете на 1 авт./ч пробега;  $B_1$  и  $B_a$  — средняя пассажироместимость 1 легкового автомобиля и автобуса, чел.;  $N_{1t}$  и  $N_{at}$  — среднегодовая суточная интенсивность движения легковых автомобилей и автобусов в год  $t$ , авт./сут.

Для сравниваемых вариантов эффект от снижения социальных потерь в результате сокращения времени пребывания в пути пассажиров  $R_{2t}$  в наших расчетах принимаем одинаковым.

Эффект от снижения транспортных расходов в результате ликвидации перепробегов грузов и пассажиров по другим дорогам с улучшенными транспортно-эксплуатационными характеристиками  $R_{3t}$ :

$$R_{3t} = C_g \cdot N_{gt} \cdot 365 \cdot (L_o - L) \cdot (1/k_1 V_K), \quad (6)$$

где  $C_g$  — средневзвешенная стоимость 1 авт./ч пробега автомобилей на объездных дорогах;  $N_{gt}$  — среднегодовая суточная интенсивность движения указанных автомобилей на  $t$ -й год сравнения вариантов, авт./сут;  $L_o$  — протяженность объездной дороги, км;  $k_1$  — коэффициент снижения расчетной скорости при движении на объезде.

Для сравниваемых вариантов эффект от снижения транспортных расходов в результате ликвидации перепробегов грузов и пассажиров по другим автомобильным дорогам с улучшенными транспортно-эксплуатационными характеристиками  $R_{3t}$  в расчетах принимается одинаковым.

Эффект от снижения потребности в оборотных средствах в результате уменьшения времени пребывания грузов в пути  $R_{4t}$  (учитывается только для грузов, находящихся в пути более суток):

$$R_{4t} = Q_t \cdot \Pi \cdot \Delta T / 365, \quad (7)$$

где  $Q_t$  — количество грузов, находящихся «на колесах» в год  $t$ ;  $\Pi$  — средняя цена 1 т перевозимых грузов, определяемая структурой грузооборота;  $\Delta T$  — сокращение времени пребывания грузов в пути, сут.

Количество перевозимых грузов при отсутствии данных о грузообороте может быть достаточно достоверно рассчитано по формуле:

$$Q_t = N_t \cdot 365 \cdot \sum_i^n q_i \cdot \beta_i \cdot \gamma_i, \quad (8)$$

где  $i$  — вид грузовых автомобилей ( $i = 1, \dots, n$ );  $q_i$  — грузоподъемность  $i$ -го вида автомобилей, т;  $\beta_i$  — доля  $i$ -го вида автомобилей в составе грузовых автомобилей потока;  $\gamma_i$  — коэффициент использования грузоподъемности  $i$ -го вида автомобилей;

Для сравниваемых вариантов эффект от снижения потребности в оборотных средствах в результате уменьшения времени пребывания грузов в пути  $R_{4t}$  (учитывается только для грузов, находящихся в пути более суток) в наших расчетах принимаем одинаковым.

Основные показатели, используемые при оценке экономической эффективности затрат, связанных с инновационными мероприятиями в дорожном хозяйстве:

- чистый доход (ЧД);
- чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- срок окупаемости затрат ( $T_{ок}$ );
- индекс доходности (ИД).

Инновационное решение эффективно при  $ЧДД > 0$ . В противном случае инновационное решение неэффективно.

При  $ИД > 1$ , мероприятие эффективно и сумма дисконтированных текущих поступлений превышает величину дисконтированных затрат.

Обобщающим показателем экономической эффективности инноваций являются: срок окупаемости затрат на инновацию, коэффициент эффективности затрат на новую технологию. Срок окупаемости затрат на нововведение ( $T_{ок}$ ) определяется как временной период от начала реализации мероприятия до того момента, когда вложения покрываются суммарной разностью результатов и затрат. Структура упрощенного алгоритма расчета оценки экономической эффективности затрат по внедрению инноваций разработана на основе стандартной процедуры расчетов оценок эффективности программы Effect с использованием соотношений (1–3) и с необходимыми пояснениями приведена далее на примере технологии устройства вертикальной разметки с применением защитных пластиковых панелей на металлических барьерных ограждениях (таблица).

Расчет показателей эффективности применения защитных пластиковых панелей произведен в расчете на 1 км протяженности ограждений барьерного типа.

Все показатели проекта разбиты на группы.

Первая группа «исходные данные» включает:

- длительность интервала планирования (месяц, квартал, полгода, год) в днях, в расчете за интервал планирования принят 1 год, то есть 365 дней;

- срок жизни проекта (число временных интервалов — шагов), или горизонт, расчет составляет 7 лет;
- дату начала проекта (год начала проекта, или 0).

В состав второй группы «макроэкономическое окружение» проекта включаются следующие показатели:

- показатель приведения (безрисковая норма дисконта, увеличенная на 1), в качестве безрисковой нормы дисконта принята величина 10,5 %, или 0,105;
- степень риска (%); данная величина при производстве и продвижении на рынок новой продукции составляет по экспертным данным 13–15 %.

Третья группа «инвестиции» состоит из показателей объемов финансовых средств, направляемых в разработку инноваций и внедрение достижений научно-технического прогресса дорожной отрасли. Средства могут быть из федерального и региональных бюджетов.

Затраты по данной группе формируют из двух элементов: стоимости материалов, т. е. пластиковых панелей, которая составляет 450 тыс. р, а также затрат на монтаж панелей на барьерное ограждение, составляющих 30 тыс. р.

Четвертая группа «кредиты» аналогична третьей группе. Данный вид финансирования рассматриваемого вида деятельности в отрасли возможен за счет кредитов банков, например ЕБРР. При этом объемы используемых денежных средств распределяют по шагам расчетов в соответствии с каждым конкретным зафиксированным в кредитном соглашении графиком финансирования.

В данном примере производство работ планируется без привлечения заемных средств.

Пятая группа «текущие затраты» для ситуации «с проектом» предполагает определение стоимости реализации мероприятия с учетом инноваций и внедре-

ния достижений научно-технического прогресса. В состав текущих затрат включаются также суммы денежных средств на оплату условий кредитных соглашений, т. е. соблюдения сроков возврата и учета кредитных ставок.

Текущие затраты в расчете формируются из стоимости содержания барьерных ограждений с защитными пластиковыми панелями, включающей только мойку и очистку — 17160 руб.

Шестая группа «текущие затраты» для ситуации «без проекта» предполагает определение стоимости реализации мероприятия без учета инноваций и внедрения достижений научно-технического прогресса.

Стоимость содержания металлических барьерных ограждений без пластиковых панелей, включающая мойку, очистку и покраску, составляет 37712 руб.

В состав седьмой группы «внетранспортный эффект» включают показатели возможных прямых финансовых поступлений в экономику, которые должны быть подтверждены индивидуальными расчетами.

В состав данной группы включен эффект от снижения потерь от ДТП; в результате реализации проекта планируется снижение общего количества ДТП на 10%, таким образом, эффект на 1 км автомобильной дороги составляет 204845 руб.

В результате расчета получено значение чистого дисконтированного дохода или накопленного интегрального эффекта за весь период реализации проекта — 485826,1 руб. Индекс доходности проекта составляет 2,012, а срок окупаемости — 1 год 5 месяцев 28 дней.

**Ключевые слова:** инновации, дорожное хозяйство, точка безубыточности, экономическая эффективность, чистый дисконтируемый доход.



**СТРОЙ  
МЕХАНИКА**

**МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «СТРОЙМЕХАНИКА»**

**+7 (4872) 701 400**

Реклама



**Винтовые конвейеры серии «ВК»**



**Дисковые затворы**



**Предохранительные клапаны**



**Ленточные транспортеры серии «ЛК»**



**Рукавные фильтры**



**Шиберные затворы**



**Датчик уровня цемента серии SH**



**Система аэрации силоса**



**Пережимной клапан SMA**

Машиностроительное предприятие «СтройМеханика», РФ, г. Тула, пос. Рудаково,  
ул. Люлина, д. 6А; Тел/факс +7 (4872) 701 400; e mail: [info@penobet.ru](mailto:info@penobet.ru) [www.stroymehnika.ru](http://www.stroymehnika.ru)

А.П. ЛУПАНОВ, канд. техн. наук, генеральный директор, И.Б. БАБКОВ, канд. техн. наук, технолог, ОАО АБЗ № 4 «Капотня» (Москва)

## Эмульсионная установка контейнерного типа «Дор-Эм»

Основные направления развития на ближайшие годы дорожного хозяйства России, являющегося одной из важнейших отраслей экономики страны, сформулированы в федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России (2010–2015 гг.)» и подпрограмме «Автомобильные дороги», входящей в ее состав. Указанная подпрограмма направлена главным образом на содержание дорожной сети, ликвидацию отставаний по срокам ремонта дорог, а также на повышение их технического уровня и пропускной способности. Из программных материалов следует, что преимущественно деятельность дорожной отрасли в ближайшие годы будет направлена не на новое строительство, а на ремонт и реконструкцию существующей дорожной сети.

Основными строительными материалами для указанных видов работ являются битумоминеральные материалы, стоимость которых постоянно увеличивается, несмотря на колебания цен на нефть.

В этой связи за рубежом все большее применение находят «холодные» дорожные технологии, основанные на применении битумных эмульсий. Такие технологии позволяют существенно снизить себестоимость работ за счет экономии энергозатрат (до 50%) и при этом обеспечить высокое качество материалов по сравнению с традиционными способами ремонта. Немаловажным преимуществом является и экологический фактор, поскольку при работе с эмульсиями существенно снижаются вредные выбросы в атмосферу, что особенно актуально в свете подписанных нашей страной международных соглашений по их ограничению.

Ежегодно в мире производится более 6 млн т битумных эмульсий. В США, Франции, Германии доля ис-

пользования битума в эмульсиях достигает 60% от всего битума, применяемого в дорожном строительстве. В настоящее время в России производство битумных эмульсий также неуклонно растет.

ОАО АБЗ № 4 «Капотня» совместно с организациями ЗАО «Италдор», ООО «Дорэксперт», при научной поддержке СОЮЗДОРНИИ и РОСДОРНИИ с 1994 г. начали осваивать производство эмульсий.

На ОАО АБЗ № 4 «Капотня» собственными силами была разработана и смонтирована эмульсионная установка производительностью 5 т/ч, которая на начальном этапе обеспечила собственные потребности в эмульсиях.

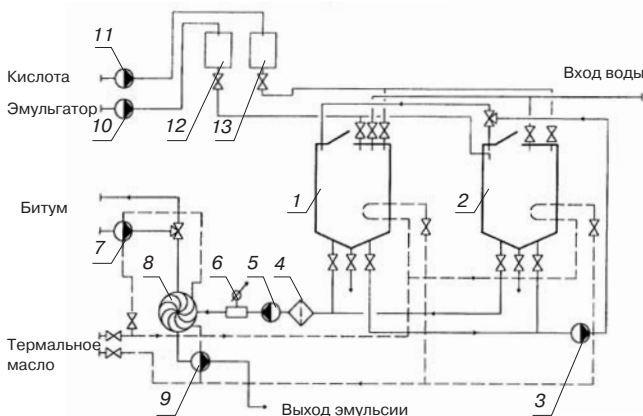
В дальнейшем эмульсионное оборудование было усовершенствовано и выпущено в виде отдельной установки контейнерного типа. Преимуществом ее является простота конструкции, надежность, а также возможность подсоединения к любому существующему асфальтосмесительному оборудованию на АБЗ.

Такая установка успешно работает в Москве, где ежегодно на ОАО АБЗ № 4 «Капотня» выпускается свыше 6 тыс. т эмульсий, а также в контейнерном исполнении поставлена в дорожные организации Пензы, Орла, Ижевска, Саратова, Горно-Алтайска, Чебоксар, Тюмени и др.

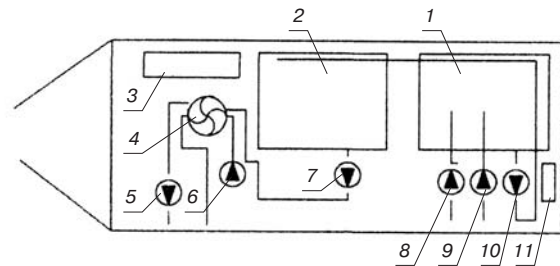
Установка «Дор-Эм» позволяет производить все известные виды анионных и катионных битумных эмульсий, начиная от простейших для подгрунтовки и заканчивая высокотехнологичной латексной эмульсией для тонкослойных покрытий. Дискретная система дает возможность весьма гибкого процесса приготовления эмульсий. Количество битума, воды и химических реагентов контролируется индивидуально и может быть изменено независимо друг от друга.

В состав установки в зависимости от комплектации входят (рис. 1, 2):

— две обогреваемые емкости с антикоррозионным покрытием для водного раствора эмульгатора (ВРЭ).



**Рис. 1.** Технологическая схема эмульсионной установки «Дор-Эм»: 1 – емкость водного состава эмульгатора; 2 – емкость водного раствора эмульгатора с обогревом; 3 – циркуляционный насос ВРЭ; 4 – фильтр; 5 – дозирующий насос ВРЭ; 6 – расходомер ВРЭ; 7 – дозирующий насос битума; 8 – диспергатор – коллоидная мельница; 9 – насос эмульсии; 10 – насос эмульгатора; 11 – дозирующая емкость эмульгатора; 12 – кислотный насос; 13 – дозирующая емкость для кислоты



**Рис. 2.** План-схема установки «Дор-Эм»: 1 – емкость водного раствора эмульгатора; 2 – емкость ВРЭ; 3 – основной щит управления; 4 – диспергатор (коллоидная мельница); 5 – насос откачки эмульсии; 6 – битумный насос; 7 – насос – дозатор подачи ВРЭ; 8 – насос закачки эмульгатора; 9 – кислотный насос; 10 – циркуляционный насос ВРЭ; 11 – щит управления



Объем емкостей по 4 м<sup>3</sup>. В емкостях смонтированы змеевики для масло-, парового нагрева, установлены трубчатые электронагреватели и датчики температуры. Перемешивание ВРЭ производится циркуляционным насосом;

— битумный дозирующий насос с системой обогрева;

— водный насос центробежного типа для закачки воды в установку и перемешивания ВРЭ;

— водный дозирующий насос для подачи ВРЭ на диспергатор;

— коллоидная мельница дисковой системы с регулируемым зазором и мощностью электродвигателя 18,5 кВт;

— шестеренчатый обогреваемый насос для перемешивания и выдачи готовой продукции;

— система подачи кислоты, включающая кислотный насос, расходную и дозирующие емкости со специальной запорной арматурой; арматура и подающие трубопроводы изготовлены из кислотостойких материалов;

— система обогреваемых трубопроводов, запорной и регулируемой арматуры;

— система управления и контроля за всеми параметрами производственного процесса, позволяющая оператору быстро реагировать на изменяющиеся условия.

В случае нештатных ситуаций работа всех узлов установки блокируется. Возможно применение ручного и полуавтоматического режима, когда система автоматики отслеживает заданное соотношение водной среды и битумной фазы в эмульсии.

В комплект установки могут быть включены газовый или жидкостной водонагреватель и емкости для

готовой эмульсии. Обогрев установки может осуществляться термальным маслом или паром от имеющегося оборудования существующего асфальтобетонного завода, от автономной системы или при помощи электронагрева. Производительность установки 4–6 т/ч готовой эмульсии, в зависимости от вида эмульсии и марки применяемого битума. Основные комплектующие, за исключением электрики, электроники, насосов отечественного производства. В комплект поставки также входят: прибор для измерения водородного потенциала водной среды, лабораторная коллоидная мельница для предварительной отработки составов эмульсий.

Установка может быть смонтирована как на асфальтобетонных заводах с привязкой к существующему битумному хозяйству, так и самостоятельно. Для ее пуска необходимо обеспечить подводу битума из действующего битумного котла, подключение к электроэнергии и воде. Специалисты АБЗ № 4 «Капотня» готовы провести пусконаладочные работы «под ключ», обучить персонал, обеспечить необходимыми компонентами для выпуска битумных эмульсий различного вида, сертифицировать продукцию, а также передать свой богатый опыт работы по всем существующим эмульсионным технологиям. В настоящее время на АБЗ № 4 «Капотня» налажен выпуск эмульгатора для катионных битумных эмульсий. Эмульгатор существенно дешевле известных аналогов и в то же время не уступает им по качеству.

**Ключевые слова:** ремонт дорог, битумо-минеральные материалы, битумные эмульсии, эмульсионная установка контейнерного типа, схема.

## БИТУМНО-ЭМУЛЬСИОННАЯ УСТАНОВКА «ДОР-ЭМ»



### Производительность 4-6 т/ч

Установка позволяет производить все известные виды катионных и анионных битумных эмульсий, начиная от простейших эмульсий для подгрунтовки и заканчивая высокотехнологической латексной эмульсией для тонкослойных покрытий.

Для размещения установки требуется относительно немного места. Установка может поставляться в стационарном виде, смонтированная на специальной раме или в стандартных ISO контейнерах, устойчива к действию применяемых химреагентов. Обеспечен удобный доступ ко всему оборудованию для ухода за ним.

Наши установки успешно работают в дорожных организациях Москвы, Горно-Алтайска, Пензы, Саратова, Чебоксар, Орла, Ижевска, Ишима, Кандалакши и др.



Заказчикам фирма бесплатно предоставляет лабораторную коллоидную мельницу и технологическое сопровождение выпуска битумных эмульсий, оказываем помощь в подборе составов эмульсий для конкретных условий. Предлагаем катионный эмульгатор, не уступающий по качеству импортным аналогам

ОАО АБЗ № 4 «Капотня», Москва

Тел./факс: 359-55-20, 916-506-23-08

Abz4.ru, abz4@abz4.ru, bab54@mail.ru

Реклама

В.Е. НИКИШИН, канд. техн. наук, Саратовский государственный технический университет

## Ресурсосберегающая технология холодной регенерации асфальтобетона

Регенерация старого асфальтобетона является актуальной задачей по нескольким причинам. Во-первых, регенерация — это возможность экономного использования ресурсов. Во-вторых, технологии, применяемые при этом, определяют уровень развития науки и техники. Применение старого асфальтобетона в несвязных слоях дорожных одежд не соответствует его ценности. В-третьих, объем ежегодно образующегося старого асфальтобетона ставит проблему его утилизации. В СССР он составлял 2 млн т в год [1]. По другим оценкам, эта цифра в 7–10 раз больше. Складирование старого асфальтобетона должно осуществляться на специальных площадках (полигонах), поскольку может привести к загрязнению окружающей среды. В-четвертых, регенерация старого асфальтобетона позволяет получить значительный экономический эффект.

В настоящее время существуют различные методы регенерации старого асфальтобетона, что позволяет проектировщику выбрать наиболее подходящий в конкретных условиях. Все технологии регенерации старого асфальтобетона делятся на горячие и холодные, которые могут быть реализованы как в заводских условиях, так и на месте производства работ.

Широкое распространение получили технологии горячей регенерации. Их достоинством является получение материала, который применяется аналогично обычным горячим смесям. Однако эти способы имеют ряд недостатков: большие затраты энергии на сушку и нагрев составляющих, необходимость в специальном оборудовании, загрязнение окружающей среды, вредные условия труда рабочих, ограниченная дальность перевозки горячих смесей, старение и полимеризация битума как следствие длительного воздействия высокой температуры, необходимость введения добавок для пластификации битума в составе старого асфальтобетона и др.

С точки зрения охраны окружающей среды и экономии энергии наиболее эффективными являются техно-

логии холодной регенерации старого асфальтобетона. Холодная регенерация может быть осуществлена при использовании битума, битумных эмульсий, цемента или при их совместном применении. Наибольшее распространение получила технология холодного ресайклинга (с захватом слоев основания для обеспечения требуемого гранулометрического состава или без захвата). Разработаны рекомендации по применению этой технологии в нашей стране [2]. Для более широкого внедрения технологии холодного ресайклинга этот документ нуждается в доработке. В нем не описаны технологии производства работ при устройстве виражей, уширении проезжей части для достижения требуемого гранулометрического состава при наличии прочного щебня. Перечень нормируемых показателей физико-механических свойств (предел прочности при 20 и 50°C, коэффициент водостойкости и водонасыщение) недостаточно характеризует все свойства материала. За рубежом перечень нормируемых показателей более широкий.

Несмотря на преимущества технологии ресайклинга (из затрат исключаются транспортные затраты на перевозку старого асфальтобетона, возможность 100% его использования, исключается необходимость разогрева старого асфальтобетона, возможность исправления профиля поверхности), она имеет свои недостатки. Технология требует комплекта специальных машин (ресайклера, суспензатора для получения цементной суспензии), применения битумных эмульсий, что удорожает работы. Кроме того, рекомендуется применение специальных битумных эмульсий для лучшего обволакивания частиц старого асфальта. Технология ориентирована на применение битума с вязкостью не более вязкости битума марки БНД 90/130 (рекомендация производителей).

Необходимо отметить, что технология холодного ресайклинга появилась сравнительно недавно и поэтому требуется изучение и накопление практического опыта ее использования, что подтверждается случаями не-

Наименование показателя для испытания образцов асфальтобетона	Значение для		
	регенерированного асфальтобетона с дисперсным битумом	горячих асфальтобетонов по ГОСТ 9128–97	
		плотных II марки для III ДКЗ	пористых I марки
Водонасыщение, об. %, не более, для типов:			
А		2–5	
Б, В	9	1,5–4	5–10
Набухание, об. %, не более	0,5	–	–
Предел прочности при сжатии, МПа:			
а) при 20°C для всех типов асфальтобетонов, не менее	2,2	2,2	–
б) при 50°C, не менее, для типов:			
А	0,9	0,9	
Б	1	1	0,7
В	1,2	1,2	
Водостойкость, не менее	0,9	0,85	0,7
Водостойкость при длительном водонасыщении, не менее	0,75	0,75	0,6

удачного применения этой технологии в нашей стране и за рубежом. Неудачи связаны с неправильным установлением содержания вяжущего (например, увеличение содержания цемента приводит к трещинообразованию), ошибками, вызванными неправильным учетом местных условий (преждевременное разрушение покрытия вследствие захвата при ресайклировании слоев, содержащих глинистые частицы, низкая прочность полученного слоя вследствие капиллярного поднятия воды), нарушениями технологии производства работ и т. д. Нет полной ясности в методике подбора состава смесей и даже не совсем очевидны их требуемые свойства и расчетные характеристики.

Таким образом, технология холодного ресайклинга имеет ряд недостатков, а другие технологии холодной регенерации старого асфальтобетона практически не используются.

Поэтому достаточно актуальной является задача разработки технологии холодной регенерации асфальтобетона на АБЗ, которая была бы лишена недостатков существующих методов.

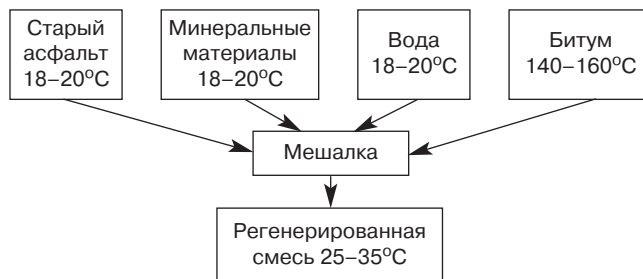
В Саратовском ГТУ (СГТУ) впервые предложена технология холодной регенерации асфальтобетона, существенным отличием которой является образование в процессе смешения компонентов в объеме смеси прямой медленнораспадающейся битумной эмульсии на твердом эмульгаторе, роль которого выполняет обычно применяемый в этом качестве минеральный порошок [3]. Технология реализуется введением битума 140–160°C в смесь холодных увлажненных составляющих материалов, состоящую из старого асфальтобетона, песка, минерального порошка и при необходимости щебня с диспергированием его в процессе перемешивания (см. схему).

Результаты исследований позволили определить физико-механические свойства регенерированного асфальтобетона с дисперсным битумом и разработать требования к регенерированному асфальтобетону с дисперсным битумом (данные в таблице). Анализируя данные, представленные в таблице, можно сделать вывод, что по основным показателям свойств регенерированный асфальтобетон с дисперсным битумом отвечает требованиям ко II марке горячего плотного асфальтобетона для III дорожно-климатической зоны. Водонасыщение удовлетворяет требованиям ГОСТ 9128–97 к горячему пористому асфальтобетону.

Технология регенерации асфальта с дисперсным битумом способствует решению острых социальных проблем и по сравнению с традиционной горячей технологией имеет ряд значимых достоинств: энергосберегающая, так как отпадает необходимость в высушивании и нагреве минеральных составляющих; снижает металлоемкость АБЗ за счет исключения из технологической линии сушильного барабана, форсунки, топочного хозяйства, пылеуловительной установки, грохота; экологически безопасная, так как благодаря холодному и влажному приготовлению смесей практически полностью исключается выброс в атмосферу пыли, окислов азота, серы, углерода, канцерогенных углеводородов. Народнохозяйственный эффект от ее внедрения составляет около 50% по сравнению с асфальтобетонами горячего приготовления и др.

В сравнении с технологией холодного ресайклинга технология регенерированного асфальтобетона с дисперсным битумом имеет следующие достоинства: не требуется специального оборудования, отпадает необходимость в приготовлении битумной эмульсии.

Холодные регенерированные асфальтобетоны с дисперсными вяжущими рекомендуются применять для устройства покрытий и оснований на дорогах II–IV технических категорий в III–V дорожно-климатических зонах.



Технологическая схема производства регенерированной асфальтовой смеси

Опыт показал, что холодные регенерированные смеси могут эффективно применяться для ямочного ремонта покрытий.

**Ключевые слова:** регенерация асфальтобетона, холодный ресайклинг, дисперсный битум, технологическая схема.

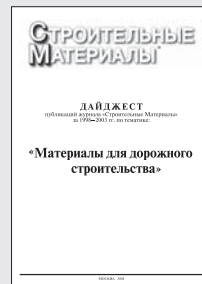
#### Список литературы

1. Сюньи Г.К. Регенерированный дорожный асфальтобетон. М.: Транспорт, 1984. 118 с.
2. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации: Изд. офиц. Отрасл. дор. метод. документ / Мин. трансп. РФ, Гос. служба дор. хоз-ва: Росавтодор. М., 2002. 56 с.
3. Пат. 2351703 РФ. Способ приготовления холодной органоминеральной смеси для дорожных покрытий / Горнаев Н.А., Никишин В.Е., Евтеева С.М., Андронов С.Ю., Пыжов А.С.; заявл. 15.02.08 ; опубл. 10.04.09. Бюл. № 10. С. 10.

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

В дайджест вошли статьи, опубликованные в журнале «Строительные материалы»® за 2004–2009 гг. – всего более 100 статей по тематическим разделам:

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



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

**Телефон/факс:  
(495) 976-22-08, 976-20-36**

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



**8–10  
сентября  
2010 г.  
Казань**

**Оргкомитет:  
140050,  
Московская обл.,  
п. Красково,  
ул. К. Маркса, д. 117,  
ВНИИСТРОМ  
Телефоны:  
(495) 557-30-11  
E-mail:  
gips@rescom.ru**

**Российская гипсовая ассоциация  
Российское научно-техническое общество строителей  
Московский государственный строительный университет  
ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова  
Научно-исследовательский институт строительной физики  
ГУП «НИИМосстрой»**

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

**Конференция посвящена 125-летию со дня рождения П.П. Будникова**

**Тематика конференции:**

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



**В рамках конференции состоится:**

- годовое собрание членов Российской гипсовой ассоциации
- тематическая производственная экскурсия на ОАО «Камско-Устьинский гипсовый рудник»

**Генеральный информационный спонсор: журнал**

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ**

# СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО СКБ СТРОЙПРИБОР

ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



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

Реклама

## ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

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

автоматическая обработка  
измерений



диапазон 3...100 МПа

**УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С**  
ультразвуковой

поверхностное и сквозное  
прозвучивание



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

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

отрыв со скалыванием  
и скалывание ребра

предельное  
усилие 60 кН  
диапазон 5...100 МПа



**ПОС-2МГ4 П**

испытание прочности  
ячеистых бетонов



предельное  
усилие вырыва 2,5 кН

**ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ**  
**ДИНАМИЧЕСКИЕ**

**ПДУ-МГ4 "Удар"**

и **ПДУ-МГ4 "Импульс"**

определение динамического  
модуля упругости грунтов  
и оснований дорог  
методом штампа,  
диапазон: 5...370 МН/м<sup>2</sup> ("Удар")  
5...300 МН/м<sup>2</sup> ("Импульс")



**Прессы испытательные**  
**малогабаритные**

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

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



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

с ручным / электрическим приводом  
для испытания утеплителей на изгиб  
и сжатие при 10% линейной деформации  
■ предельная нагрузка 1 / 2 / 3 / 5 / 10 кН  
■ масса 20 / 25 кг

**ПСО-10МГ4 КЛ**

испытание прочности  
сцепления в каменной  
кладке

предельное усилие  
отрыва 15 кН



**АДГЕЗИМЕТРЫ**

**ПСО-МГ4**

испытание прочности  
сцепления покрытия  
с основанием

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



**ИЗМЕРИТЕЛИ**  
**ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

**ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"**

стационарный  
и зондовый режимы



диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

**АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ**

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

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



**ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01**  
термогигрометр

диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С



**ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ**  
**ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ**

**ИТП-МГ4.03 "Поток"**

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

диапазон 10...999 Вт/м<sup>2</sup>  
-40...+70 °С



**ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ**

**ВЛАГОМЕР-МГ4**

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



**ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ**  
**ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА**

**ИПА-МГ4**

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



**ТЕРМОМЕТРЫ**

**ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01**

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



**ДИНАМОМЕТРЫ**

**ДМС-МГ4 / ДМР-МГ4**

эталонные

сжатия / растяжения  
предельная нагрузка  
1...1000 кН



**ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ**  
**АРМАТУРЫ**

**ДО-40 / 60 / 80МГ4**

метод поперечной оттяжки

диапазон контролируемых  
усилий 2...120 кН

диаметр  
арматуры 3...12 мм



**ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ**  
**В АРМАТУРЕ**

**ЭИН-МГ4**

частотный метод

диаметр  
арматуры 3...32 мм

диапазон 100...1800 МПа



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

Е.П. КУЛИК, инженер (egor-drsu@yandex.ru),  
Ростовский государственный строительный университет

## Холодные асфальтобетонные смеси, приготавливаемые без сушки и нагрева минерального материала

К числу важнейших механических свойств асфальтобетона, характеризующих его как дорожно-строительный материал, относятся: прочность, пластичность, упругость и вязкость. Деформативность асфальтобетона зависит не только от величины напряжения, но и от продолжительности его действия. Однако учет последнего фактора затрудняет решение практических задач. Поэтому для характеристики прочности асфальтобетона для практических целей, как правило, используют предельные напряжения.

В качестве показателей физико-механических свойств асфальтобетонов из холодных смесей ГОСТ 9128–97 предусматривает предел прочности при сжатии образцов до и после прогрева — сухих, водонасыщенных и после длительного водонасыщения. Эти показатели исследованы в процессе разработки смеси асфальтобетона по новой технологии [1].

После таяния снега минеральный материал, хранящийся в штабеле под открытым небом, имел влажность 4,8%. В сухую погоду он приобретал влажность 0,8%. Материал, хранящийся длительное время в помещении, имел влажность 0,22%. В условиях лета через 1 ч после продолжительного дождя материал, хранящийся в штабеле, имел влажность 2,5%, через 36 ч — 1,9%, после 72 ч — 1,4%. Эти данные относятся к конкретному материалу, но надо иметь в виду, что такой материал с похожим зерновым составом является характерным для асфальтобетонных заводов (АБЗ) Юга России.

При приготовлении холодных асфальтобетонов были использованы следующие материалы:

1. Песчано-щебеночная смесь из карбонатных горных пород Жирновского карьера (ОАО «Руда») марки 1000, фракции 0–20 мм, являющаяся отходом дробления этих пород. По прочности, морозостойкости и зерновому составу она отвечает ГОСТ 9128–97 (рис. 1).

2. Битум нефтяной дорожный вязкий марки БНД 60/90 по ГОСТ 22245–90 произведен ОАО «Саратовский НПЗ».

3. В качестве разжижителя вязкого битума с целью получения жидкого битума, соответствующего марке СГ 40/70 по ГОСТ 11955–82, была использована смесь дизельного топлива и керосина, отвечающая требованиям ГОСТ 11955–82.

4. Полимер анионактивный ПАВ Карбоксипав.

При подборе зернового состава асфальтобетонной смеси применялась предназначенная для этого компьютерная программа «Sostav» [2], разработанная в Центре Интеллектуальных Транспортных Систем РГСУ.

Количество жидкого битума подбирали экспериментально. Для подбора оптимального состава асфальтобетона приготовили четыре смеси с различным содержанием вяжущего с интервалом 0,5% — от 4 до 5,5%. В дальнейшем в целях уточнения была приготовлена пятая смесь, содержащая 4,75% битума.

Результаты испытаний показывают (рис. 1, 2), что оптимальным является содержание разжиженного битума в холодном асфальтобетоне на исследованном минеральном материале и составляет 4,5 мас. %. При этом содержании битума прочностные свойства холодного асфальтобетона, приготовленного без нагрева и сушки минеральных материалов, в основном близки к прочностным свойствам, требуемым стандартом для холодного асфальтобетона, приготавливаемого в горячем виде [3, 4].

По результатам работ, проведенных в СОЮЗДОРНИИ [5, 6], был предложен принцип установления оптимального количества битума в холодном асфальтобетоне. Он заключается в том, что количество битума, соответствующее максимальной прочности образцов при сжатии, уменьшают на 20% для сохранения рыхлости холодного асфальтобетона и противодействия его слеживанию при хранении. Поскольку исследуемая асфальтобетонная смесь в отличие от стандартной приготавливается в холодном виде, этот принцип можно не учитывать.

Исследование влияния влажности минерального материала на физико-механические свойства приготовленного на его основе асфальтобетона проведено по

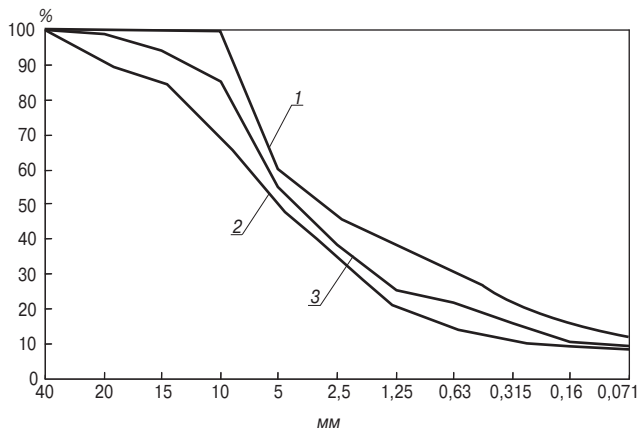


Рис. 1. Установление оптимального зернового состава холодной асфальтобетонной смеси марки II типа Бх: 1 — верхняя граница; 2 — нижняя граница; 3 — асфальтобетонная смесь оптимального состава

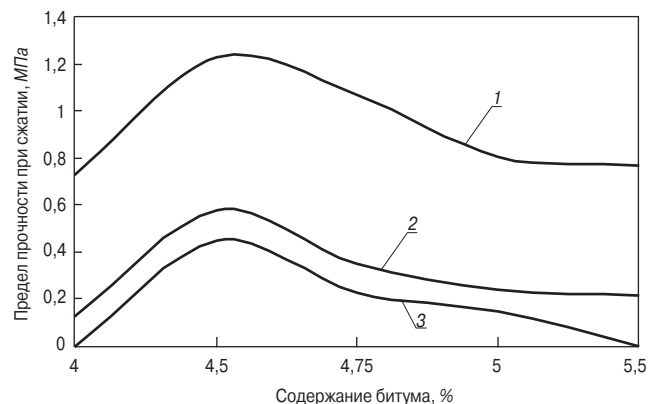
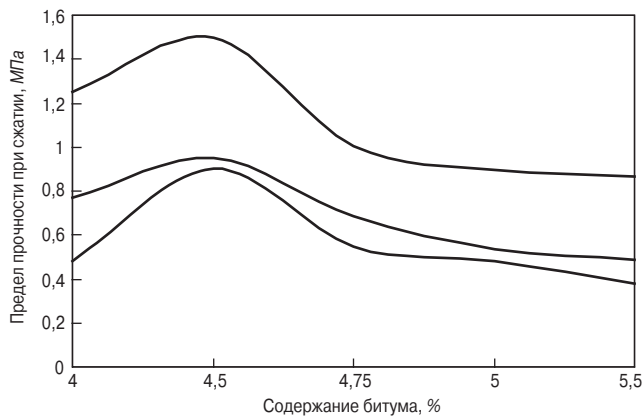
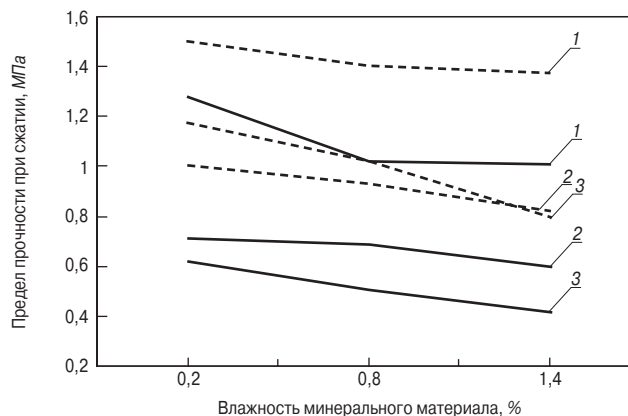


Рис. 2. Влияние содержания битума на прочность при испытании на сжатие образцов до прогрева: 1 — для сухих образцов; 2 — для водонасыщенных образцов; 3 — для образцов после длительного водонасыщения



**Рис. 3.** Влияние содержания битума на прочность при испытании на сжатие образцов после прогрева: 1 — для сухих образцов; 2 — для водонасыщенных образцов; 3 — для образцов после длительного водонасыщения



**Рис. 4.** Влияние влажности минерального материала на прочностные свойства холодного асфальтобетона, содержащего ПАВ Карбоксипав: — предел прочности образцов при сжатии при 20°C до прогрева; - - - то же после прогрева: 1 — с сухим минеральным материалом; 2 — с водонасыщенным минеральным материалом; 3 — с минеральным материалом после длительного водонасыщения

следующей методике. Из трех проб использованного в исследованиях минерального материала:

- 1-я с наполнителем в воздушно-сухом состоянии, ее влажность составляла 0,2 мас. %;
- 2-я — с увлажненным до 0,8 мас. % наполнителем;
- 3-я — с увлажненным до 1,4 мас. % наполнителем.

Асфальтобетонную смесь готовили на модифицированном разжиженном битуме, содержащем ПАВ Карбоксипав. Количество битума в смесях составило 4,5%. Эксперимент повторили 3 раза. Во всех случаях содержание ПАВ в битуме составляло 1%. Вяжущее нагревали до 60°C и смешивали с ненагретым минеральным наполнителем.

Готовые смеси хранили под полиэтиленовой пленкой в течение 2 сут, после чего из них изготавливали по методике, рекомендованной ГОСТ 12801–98, цилиндрические образцы диаметром и высотой 71,4 мм. Образцы испытывали через сутки после изготовления. Среднеарифметические значения (по 6 образцам) физико-механических показателей по результатам испытания приведены на рис. 4.

Обращает на себя внимание то, что влажность использованного для приготовления асфальтобетонных смесей минерального материала мало влияет на прочностные свойства асфальтобетона. Разница между показателями прочности асфальтобетонов, приготовленных на воздушно-сухом минеральном материале (при влажности 0,2%) и на увлажненном материале (1,4%), только в 3 из 18 определений превышала 20%. В остальных случаях она колебалась в пределах 6,5–18%.

Как правило, показатели прочности исследуемых асфальтобетонов выше требуемых ГОСТ 9128–97 для холодного асфальтобетона марки Бх II. Незначительно меньше лишь показатели, относящиеся к отдельным испытаниям образцов из влажных смесей после водонасыщения.

Однородность исследованных смесей оценена коэффициентом вариации водонасыщения по ГОСТ 12801–98, равным 0,083 при норме по ГОСТ 9128–97 для холодного асфальтобетона не более 0,15.

Экспериментально установлено, что минеральный материал свободно смешивается с жидким битумом, содержащим ПАВ, при влажности ниже 1,4%. При более высокой влажности могут возникнуть технологические сложности, связанные при смешивании с образованием сгустков битума. Исходя из результатов испытаний следует рекомендовать хранить минеральный материал, предназначенный для приготовления холодных смесей, особенно в дождливый период, под навесом или под пленкой. Это избавит технологический процесс приго-

товления асфальтобетонной смеси от необходимости подсушивать материал.

Стоимость состава Карбоксипав невысокая, он обладает положительным дополнительным качеством: в отличие от катионных добавок свободен от аммонийных компонентов, а значит, экологически более чист.

Карбоксипав является устойчивым во времени продуктом. Однако при хранении более 1 года может происходить его перераспределение по удельной массе и даже расслоение. Свойства его при этом не меняются, и перед использованием достаточно произвести перемешивание всей массы продукта.

Относительно термостабильности следует отметить, что свойства Карбоксипав с повышением температуры не меняются. Известно, что до 160–170°C помимо испарения воды с продуктом ничего не происходит. Прозрачные жидкие водные растворы могут помутнеть, но химические и физические свойства не изменяются.

ПАВ Карбоксипав содержит эфиркарбоксилаты общей формулы  $R(OC_2H_4)_nCHCOONa$ , где R алкилфенол, а n = 4–12, и оксиэтилированный на 4–12 молей оксида этилена алкилфенол, с целью повышения эмульгирующей и диспергирующей активности дополнительно содержит 1–10 мас. % оксидов аминов общей формулы  $RN(CH_3)_2 \rightarrow O$ , где R — углеводородный радикал с 8–20 атомами углерода.

Карбоксипав в своей химической структуре имеет как гидрофильную группу — анион карбоксилата, так и сильную гидрофобную оксиэтилированную изоалкилароматическую. Причем строение последней идентично строению ряда составляющих компонентов битума, поэтому Карбоксипав имеет сродство к битуму. Это означает, что Карбоксипав имеет хорошие эмульгирующие свойства в отношении битумов, т. е. он может выступать в качестве структурообразователя или структурорегулятора в асфальтобетонных смесях, в том числе в присутствии воды.

Предлагается следующий механизм взаимодействия Карбоксипава с битумом и влажным минеральным материалом (основных пород). Молекулы Карбоксипав при смешении с битумом располагаются на его поверхности или вокруг частиц битума, образуя на них в основном мономолекулярные отрицательно заряженные слои. Эти заряженные частички в условиях жидкого, подвижного битума распределяются за счет ван-дер-ваальсовых сил по всей массе битума, создавая таким образом эффект регуляции. При попадании такого битума на влажную поверхность имеет место эффект гидрофобизации, то есть отрицательно заряженные части Карбоксипав замещают воду с поверхности минерала, адсорбируясь на по-

верхности и физико-химически связывая минерал и битум. Вода при этом образует эмульсию в основной массе битума. Это обуславливает возможность работы с влажным материалом основных пород. Причем должна соблюдаться закономерность: чем более влажный минерал, тем больше расход ПАВ Карбоксипав.

**Ключевые слова:** холодные смеси асфальтобетона, прочностные характеристики, разжижитель битума, ПАВ Карбоксипав, оптимальный состав, технологические параметры.

**Список литературы**

1. Кочерга В.Г., Кулик Е.П. Исследование факторов, влияющих на качество холодного асфальтобетона // Материалы международной науч.-практ. конф. Строительство-2008: Ростов-на-Дону: РГСУ, 2008.

2. Кочерга В.Г., Ляпин А.А., Коралева Т.А., Кучеров В.А. Компьютерный подбор состава асфальтобетонной смеси с использованием программы «Sostav»: Тез. докл. I междунар. науч.-практ. конф. Современные проблемы дорожно-транспортного комплекса (Ростов-на-Дону, сентябрь 1998 г.). Ростов-на-Дону, 1998. 20 с.  
 3. Кулик Е.П. Использование «Вяжущего для ремонта влажного дорожного покрытия» при производстве холодной асфальтобетонной смеси. РГСУ. 2006. 3 с. Деп. в ВИНТИ РАН 16.08.06. 2006. № 1071.  
 4. Кулик Е.П. Технология производства «Вяжущего для ремонта влажного дорожного покрытия»: РГСУ. 2006. 5 с. Деп. в ВИНТИ РАН 16.08.06. 2006. № 1070.  
 5. Дорожный асфальтобетон. / Под ред. Л.Б. Гезенцева. М.: Транспорт, 1976. 33 с.  
 6. Козлова Е.Н. Холодный асфальтобетон. М.: Авто-транзитдат, 1958. 124 с.

УДК 625.76

С.П. АРЖАНУХИНА, канд. техн. наук,  
 Саратовский государственный технический университет (СГТУ)

## Современное состояние вопросов зимнего содержания автомобильных дорог

Вопросами зимнего содержания автомобильных дорог занимались в Федеральном дорожном агентстве, МАДИ (ГТУ), ОАО «ГИПРОДОРНИИ», ФГУП «РОСДОРНИИ», ОАО «СОЮЗДОРНИИ», ОАО «КАЗДОРНИИ», ОАО «РОСДОРТЕХ», Воронежском государственном архитектурно-строительном университете, СГТУ, ООО «Зиракс» и др. организациях. Известны результаты исследований А.П. Васильева, Б.А. Дмитриевского, М.В. Немчинова, П.И. Поспелова, И.Е. Евгеньева, Б.Б. Каримова, Т.В. Самодуровой, В.В. Столярова, Д.М. Хомякова, С.И. Романова, В.В. Чванова, Н.В. Борсюка, А.К. Киялбаева, Ю.В. Кузнецова, Б.Б. Анохина, Ю.Н. Розова, А.Т. Глухова и др., а также работы Массачусетского технологического института США, Центральной лаборатории дорог и мостов Франции, ученых и специалистов Финляндии, Швеции, Канады и др. стран.

В понятие «зимняя скользкость» включаются такие метеорологические явления, как рыхлый снег, снежный накат, ледяной покров или гололед и др., которые существенно снижают коэффициент сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием и приводят к уменьше-

нию скорости движения автомобилей, уменьшению пропускной способности дорог, увеличению числа дорожно-транспортных происшествий, человеческих жертв и порче грузов. Опасности подвергаются не только водители автомобилей, но и пешеходы: много людей получают травмы. Чаще других страдают люди пожилого возраста.

Невысокий уровень зимнего содержания автомобильных дорог определяется недостаточно правильным учетом местных климатических условий по характеру и интенсивности образования снежно-ледяных отложений, отсутствием планов зимнего содержания автомобильных дорог, применением в качестве метода борьбы с зимней скользкостью фрикционного способа, требующего большого количества распределителей и материальных ресурсов.

Образование зимней скользкости происходит за счет замерзания переохлажденных капель воды, налипания и кристаллизации мокрого снега, сублимации водяных паров. Часто образуется пленка гололеда толщиной 1–3 мм. Ее плотность варьируется от 0,7 до 0,9 г/см<sup>3</sup>,

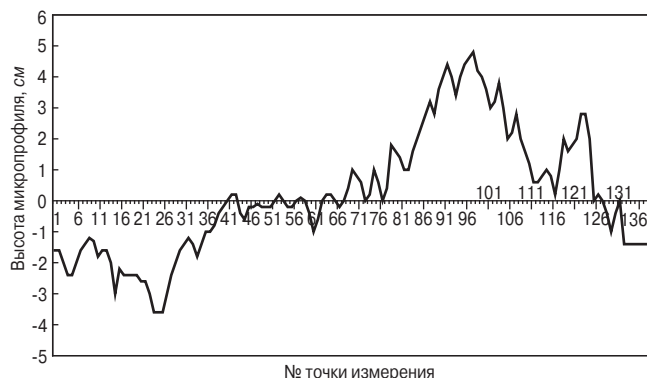


Рис. 1. Продольный профиль покрытия под снегом и наледью

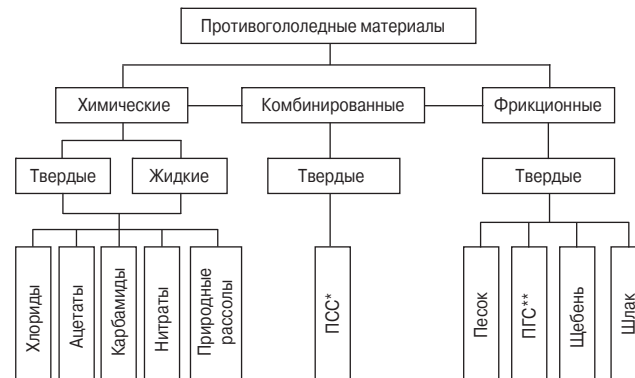


Рис. 2. Классификация ПГМ:  
 \* — ПСС — пескосоляная смесь;  
 \*\* — ПГС — песчано-гравийная смесь



Регион	Период применения противогололедных материалов			Число дней с возможными случаями образования зимней скользкости	Ориентировочная годовая потребность в ПГМ в пересчете на твердые хлориды, т/1000 м <sup>2</sup>
	средняя дата начала	средняя дата окончания	продолжительность периода, дни		
Архангельск	20.1	21.04	179	112	2,2
Томск	8.1	17.04	183	105	3,5
Сыктывкар	17.1	10.04	176	107	2,2
Тверь	4.11	3.04	151	82	1,8
Йошкар-Ола	28.1	5.04	160	84	1,9
Казань	31.1	6.04	158	80	2
Ярославль	3.11	4.04	153	83	2
Кемерово	19.1	18.04	182	87	1,6
Киров	25.1	9.04	169	92	2,4
Кострома	31.1	6.04	158	93	1,9
Уфа	27.1	6.04	162	94	2,4
Курск	11.11	26.03	136	78	1,2
Москва	5.11	5.04	152	79	1,7
Мурманск	17.1	21.04	187	106	1,5
Нижний Новгород	29.1	5.04	159	88	1,9

сцепление достигает 10–16 кгс/см<sup>2</sup> (1–1,6 МПа). Образование пленки гололеда происходит при 2 – -6°С. Температура выше 0°С вызывает ее быстрое таяние. Медленнее она исчезает за счет испарения при отрицательной температуре.

Гололед также образуется при интенсивном выпадении влажного снега при последующем понижении температуры и образовании наката вследствие трения колес о снежный покров вследствие торможения. Сублимация водяных паров создает на дорожном покрытии кристаллическую структуру в виде рыхлосложенных скоплений разнообразных по форме снеговидных кристаллов.

Для обеспечения требуемого коэффициента сцепления и борьбы с зимней скользкостью применяют антигололедную (превентивную или предупредительную) и противогололедную обработку.

Установлено, что затраты на противогололедную обработку участка автомобильной дороги окупаются уже после проезда 140 автомобилей. При увеличении высоты снежного покрова на 2 см расход топлива увеличивается на 15%. Борьбу с зимней скользкостью прежде всего необходимо вести на участках с ухудшенной видимостью, крутыми уклонами и поворотами дорог малого радиуса, на пересечениях в одном уровне и в местах экстренного торможения транспортных средств.

На практике традиционно применение фрикционных материалов. Они становятся необходимыми, если требуется срочно увеличить коэффициент сцепления

при низкой температуре, когда уборка снега или образовавшегося льда требуют значительных усилий. Однако фрикционные материалы не могут обеспечить выполнение всех задач при защите от обледенения и при борьбе с ним. Единственная их функция — усиление коэффициента сцепления от минимальных значений.

Дорожные организации должны содержать автомобильные дороги в течение зимнего периода так, чтобы снежно-ледяные отложения не создавались или могли быть удалены в кратчайшие сроки.

Увеличение коэффициента сопротивления движению и соответственно расхода топлива поясняются следующим примером. На типовой городской дороге Саратова в зимний период 2008–2009 гг. произведено измерение ровности уплотненного снега трехметровой дорожной рейкой. Результат в виде показателей на одном из участков покрытия относительно средней линии профиля представлен на рис. 1.

В таблице даны ориентировочные климатические сведения и потребность в противогололедных материалах (ПГМ) в пересчете на твердые хлориды для городов России (по данным ООО «Зиракс», Москва).

Наиболее отработанная классификация ПГМ по данным ОДМ и требования к противогололедным материалам представлены на рис. 2.

Согласно классификации ПГМ твердые или жидкие материалы или их смеси распределяют по поверхности дорожного покрытия для ликвидации или профилактики отложений, приводящих к зимней скользкости. ПГМ относятся к дорожно-эксплуатационным материалам для содержания объектов строительства и дорожного хозяйства.

Основные хлорсодержащие противогололедные материалы: хлорид магния, поваренная соль (хлорид натрия, айсмелт, безводный хлорид кальция).

Особенность хлорида магния — плавление снежно-ледяного отложения сверху вниз, до его полного расплавления, что требует повышенного расхода ПГМ. У хлорида натрия высокая эффективность в диапазоне 0 – -5°С (диапазон применения 0 – -12°С). Отличие безводного хлорида кальция и материала айсмелт (хлорид кальций-натрий модифицированный) — тепловыделение, обеспечивающее эффект теплового сверла-инъектора и эффективную работу на границе снежно-ледяное отложение — дорожное покрытие, что значительно

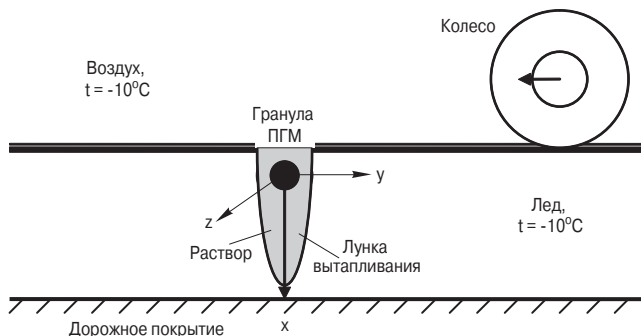


Рис. 3. Расчетная схема процесса взаимодействия гранулы тепловыделяющего ПГМ со льдом

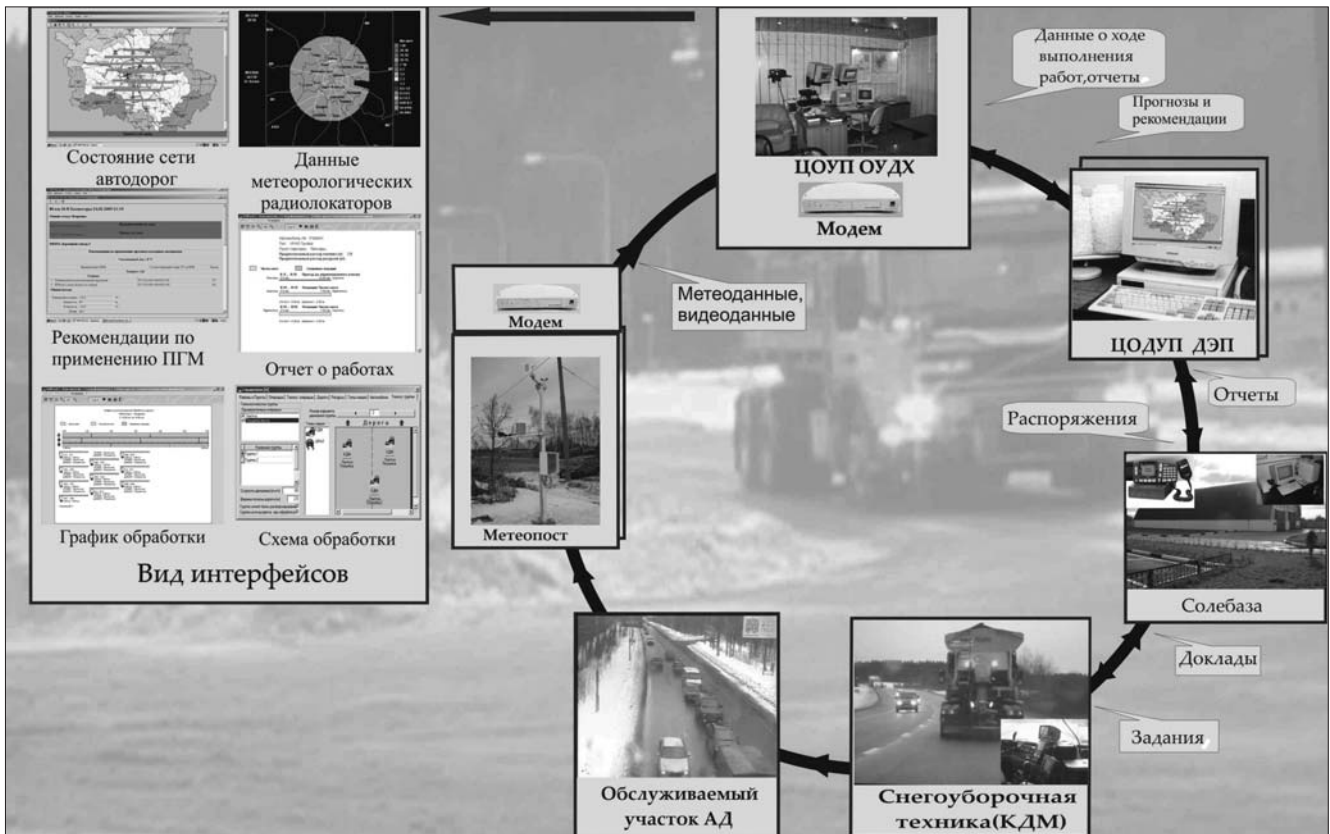


Рис. 4. Структура автоматизированной системы управления зимним содержанием автомобильных дорог

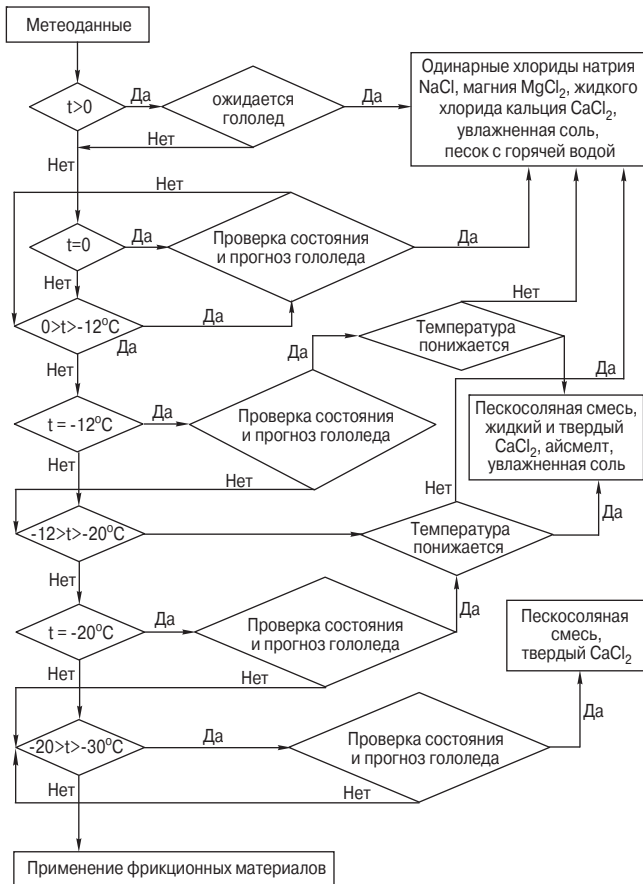


Рис. 5. Алгоритм выбора противогололедных материалов на основе метеорологической информации

сокращает расход ПГМ. Диапазоны температуры применения безводного хлорида кальция 0 — -34°C, айсмелт 0 — -20°C. Это позволяет отнести их к низкотемпературным ПГМ, особенно эффективным в аварийных ситуациях.

Безводный хлорид кальция  $CaCl_2$  хорошо адсорбирует воду при температуре, не превышающей 30°C, образует кристаллогидрат — шестиводный хлорид кальция  $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ . Однако хлорид кальция не является быстродействующим осушителем, и для высушивания среды требуется время. Медленность действия обусловливается тем, что поверхность твердого хлорида кальция покрывается тонким слоем его раствора в извлекаемой воде; при этом молекулы воды поглощаются с образованием твердого низшего гидрата, который в свою очередь также является осушителем.

Изучение теплофизических моделей мгновенного точечного источника теплоты может быть основано на изучении фазовых состояний процесса взаимодействия гранулы ПГМ и снежно-ледяного отложения (льда). Схема процесса взаимодействия представлена на рис. 3.

Противогололедные материалы — лишь один из важных компонентов автоматизированной системы управления зимним содержанием автомобильных дорог, структура которой представлена на рис. 4.

С учетом анализа диапазонов эффективного применения для различных ПГМ разработан алгоритм выбора противогололедных материалов на основе метеорологической информации (рис. 5).

Проведенные исследования позволили впервые установить фазовые состояния механизма «теплового сверла» — взаимодействия тепловыделяющего ПГМ со снежно-ледяным отложением, перечень которых изображен на рис. 6.

Типовые результаты демонстрационных испытаний применения ПГМ айсмелт приведены на рис. 7.

ООО «Зиракс» — ведущий отечественный производитель ПГМ на основе безводного хлорида кальция вы-



Рис. 6. Фазовые состояния механизма «теплого сверла» – взаимодействия тепловыделяющего ПГМ со снежно-ледяным отложением

пускает широкий спектр ПГМ в различной упаковке для механизированного и ручного распределения.

Для семи различных типов погодных условий (осадков или обледенения) разработано руководство по противогололедным работам с применением ПГМ нового поколения айсмелт (ХКНМ – три части хлорида натрия и одна часть безводного хлорида кальция): небольшой снегопад; небольшой снегопад, временами переходящий в умеренный или сильный; умеренный или сильный снегопад; иней или черный лед; гололед; дождь со снегом; гололедица. Таблицы руководства содержат инструкции по обработке проезжей части автомобильных дорог для каждого типа погодных условий. Состав работ дифференцирован по диапазонам температуры дорожного покрытия и с учетом тенденции его изменения.

В различных погодных условиях также важно учитывать физическое состояние дорожного покрытия, состав и интенсивность движения транспорта во время проведения работ. В руководстве указаны рекомендованные нормы внесения ПГМ для средних условий. Для повышения эффективности противогололедных работ эти значения необходимо корректировать с учетом локальных особенностей и конкретной дорожной ситуации. Каждая таблица снабжена необходимыми комментариями для персонала по эксплуатации и техническому обслуживанию.

Обработка проезжей части городских дорог ПГМ айсмелт (ХКНМ) должна выполняться сразу после начала или до начала выпадения осадков. В случае получения от метеорологической службы заблаговременного предупреждения об угрозе возникновения гололеда обработка проезжей части дорог, эстакад, мостовых сооружений должна производиться до начала выпадения осадков. Технологическая операция и время ее выполнения определяются инструкциями организации уборочных работ в экстремальных погодных условиях.

С началом снегопада в первую очередь обрабатывают с помощью ПГМ на основе ХКНМ наиболее опасные для движения транспорта участки магистралей и улиц, крутые спуски и подъемы, мосты, эстакады, тоннели, тормозные площадки на перекрестках улиц и остановках общественного транспорта, площади у железнодорожных вокзалов и т. д.

На каждом дорожном отрезке должен быть перечень участков улиц, требующих первоочередной обработки.

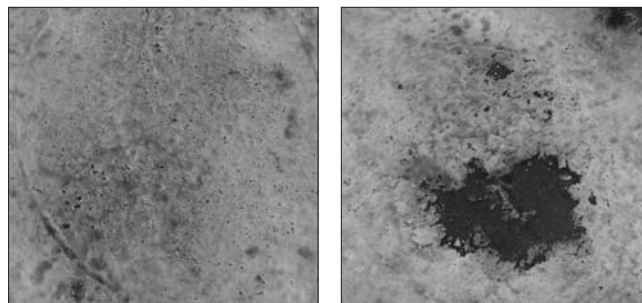


Рис. 7. Результаты применения айсмелт: а – через 30 мин; б – через 1,5 часа

По окончании их обработки необходимо приступить к сплошной обработке проезжей части.

Операция начинается с первой от бортового камня полосы движения, по которой проходят маршруты движения городского пассажирского транспорта. Время, необходимое на сплошную обработку всей территории, закрепленной за дорожно-эксплуатирующим предприятием, не должно превышать трех часов.

Инструкция составлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50597–93 «Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения», а также в соответствии с «Manual of Practice for an Effective Antiicing Program – A Guide for Highway Winter Maintenance Personnel» (Исследования для холодных регионов, выполненные инженерной лабораторией армии США).

**Ключевые слова:** зимнее содержание автомобильных дорог, гололед, коэффициент сцепления, противогололедные материалы.

**20-22**  
октября  
**ЛИПЕЦК 0**

ЛИПЕЦК ЭКСПО

**15-я специализированная выставка**  
**СТРОИТЕЛЬСТВО.**  
**АРХИТЕКТУРА.**  
**ДИЗАЙН.**

Место проведения:  
**ВТЦ «КОНТИНЕНТ»**  
(г. Липецк,  
ул. Балмочных, 15)

Организаторы:  
администрация  
Липецкой области  
ОАО «МВЦ  
«Липецк-Экспо»

По всем вопросам обращаться:  
Тел./факс: (4742) 22-70-76, 22-72-76 [expo@lipetsk.ru](mailto:expo@lipetsk.ru)

В.В. ЯДЫКИНА, д-р техн. наук,  
А. Е. АКИМОВ, инженер (andrey\_rs@mail.ru), А. М. ГРИДЧИН, д-р техн. наук,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## СВЧ-активация битумов как способ повышения физико-механических и эксплуатационных параметров асфальтобетона

Повышение физико-механических характеристик асфальтобетона — актуальная задача для промышленности дорожно-строительных материалов. Создать высокопрочный и долговечный композит можно только при применении высококачественных органических вяжущих. Основной способ повышения качества дорожных битумов — модифицирование различными добавками (полимерными, ПАВ). Помимо этого уже известны способы повышения физико-механических параметров битума [1–4] при помощи различных воздействий на него (электромагнитного, магнитного, акустического). Показана возможность повышения качества асфальтобетона, выполненного на таких битумах.

Проведенные ранее исследования [5] показали, что в битуме после активации в СВЧ-поле увеличивается содержание асфальтогеновых и нафтеновых кислот, вследствие чего улучшается взаимодействие вяжущего с минеральными материалами. Оптимальное время облучения в СВЧ-поле было определено с учетом повышения адгезии битума к минеральному наполнителю, оно составляет 1,5–2 мин. Установлено, что СВЧ-обработка повышает вязкость битума.

Обнаруженные изменения должны повлиять на свойства асфальтобетонов, приготовленных с применением таких битумов. В работе рассматривается повышение физико-механических и эксплуатационных характеристик асфальтобетона при применении битума, модифицированного СВЧ-полем. Исследуется асфальтобетон типов Б и Г с применением гранитного щебня, отсева дробления гранита месторождения г. Кременчуг и кварцевого песка Нижнеольшанского месторожде-

ния, битума БНД 60/90 производства Рязанского НПЗ. Активацию битума производили непосредственно перед перемешиванием асфальтобетонной смеси.

В таблице приведены физико-механические характеристики асфальтобетона типов Б и Г при использовании в их составе СВЧ-активированных битумов в сравнении с асфальтобетоном на битуме без обработки (контрольные образцы).

Как видно из приведенных данных, асфальтобетон на модифицированном битуме обладает большей прочностью при 20 и 50°C, а также повышенной водостойкостью. Прочность образцов асфальтобетона типа Г при 20°C увеличилась на 27%, при 50°C — на 76%. Прочность асфальтобетона типа Б возросла на 14 и 61% соответственно. Повышение прочности объясняется несколькими причинами: во-первых, это увеличение адгезии битума к поверхности каменного материала, что снижает риск разрушения по границе контакта вяжущее — поверхность материала. «Во-вторых, это улучшение структурирования модифицированного битума минеральным порошком, что было показано в проведенных ранее исследованиях [5]; вяжущее эффективнее переходит из объемного в пленочное состояние». Особенно наглядно это видно по росту прочности асфальтобетона при 50°C и снижению прочности при 0°C. В асфальтобетоне уменьшается количество объемного битума, который при повышении температуры переходит в текучее состояние, из-за чего асфальтобетон при высокой температуре теряет прочность. При низкой температуре объемный битум переходит в хрупкое состояние, что вызывает увеличение жесткости и прочности асфальтобетона, при этом возрастает риск образования трещин и

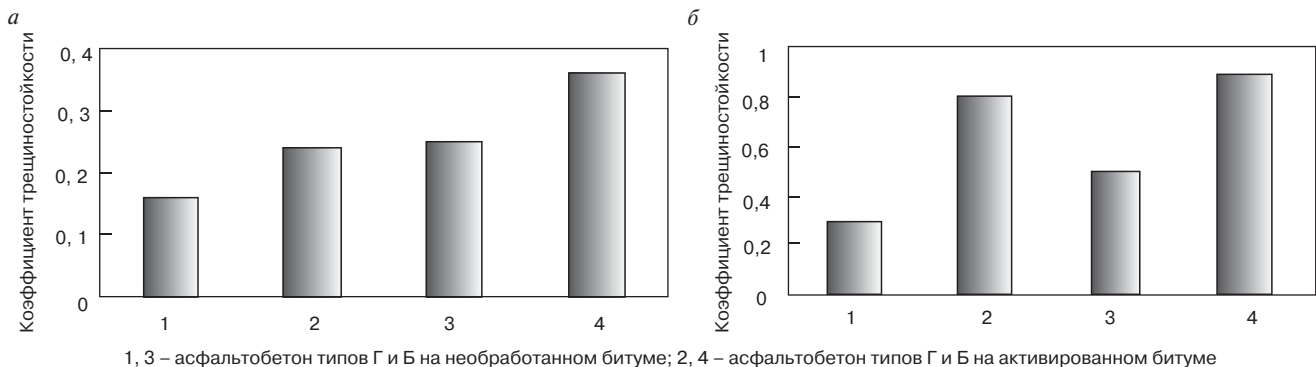


Рис. 1. Изменение коэффициентов: а — трещиностойкости, б — теплостойкости при использовании в асфальтобетоне битума, активированного в СВЧ-поле

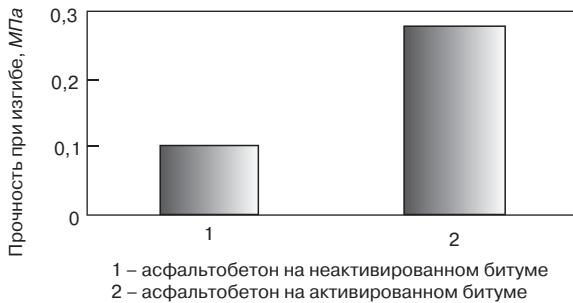


Рис. 2. Прочность асфальтобетона при растяжении при изгибе

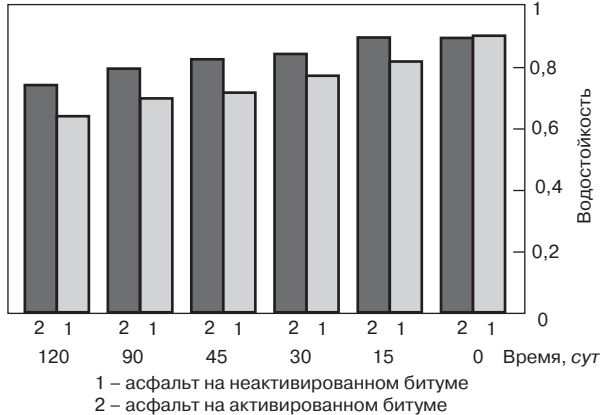


Рис. 3. Длительная водостойкость асфальтобетона

разрушения асфальтобетона. Структурированный битум имеет значительно меньшую температуру перехода в хрупкое состояние. Следовательно, применение битума, обработанного в СВЧ-поле, позволит повысить такие важные эксплуатационные характеристики, как теплоустойчивость, трещиностойкость и морозостойкость.

Способность материала сопротивляться образованию трещин в холодное время года характеризуется

Наименование показателя	Требования по ГОСТу	тип Г		тип Б		
		контрольн. образцы	СВЧ-активация битума	контрольн. образцы	СВЧ-активация битума	
Водонасыщение, %	1,5–4	3,66	2,51	2,81	2,35	
Набухание, %	Не нормир.	1,65	1,52	1,24	1,21	
Предел прочности при сжатии, МПа:						
	– при 20°C	2,2	5,41	6,85	6,13	6,95
	– при 50°C	1,2	2,8	4,95	2,61	4,21
	– при 0°C	Не более 12	9,8	9,17	11,32	10,16
– в водонасыщенном состоянии при 20°C	Не нормир.	4,76	6,57	5,45	6,74	
Коэффициент водостойкости	Не менее 0,85	0,88	0,96	0,89	0,97	
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении	Не менее 0,75	0,77	0,85	0,76	0,88	

коэффициентом трещиностойкости (отношение прочности образца при температуре 50°C к прочности при 0°C).

Представленные на рис. 1, а результаты показывают повышение коэффициента трещиностойкости в результате обработки битума СВЧ-полем: для асфальтобетона типа Г на 52%, для типа Б – на 30%. Это свидетельствует об уменьшении объемного количества битума, следовательно, асфальтобетон будет оставаться в упругоэластичном состоянии при более низкой температуре, меньше подвергаться трещинообразованию и выдержит большее количество знакопеременных колебаний температуры воздуха.

Сопротивление асфальтобетона нагрузкам при высокой температуре может быть охарактеризовано коэффициентом теплоустойчивости (отношение прочности образца при температуре 50°C и 20°C).

Результаты, представленные на рис. 1, б, показывают значительное повышение коэффициента теплоустойчивости асфальтобетона. Для типа Г этот параметр увеличился в 2,5, для типа Б – в 1,8 раза. Следовательно, такой асфальтобетон в теплое время года будет меньше подвержен образованию волн и наплывов.

Благодаря увеличению вязкости битума после СВЧ-активации, улучшению взаимодействия с минеральным материалом асфальтобетон с модифицированным битумом имеет большую прочность при изгибе, что отражено на рис. 2. Прочность при изгибе повышается более чем в 2,5 раза. Следовательно, применение такого битума позволит получить прочное асфальтобетонное покрытие с высоким сопротивлением образованию колеи.

Важным параметром, характеризующим работу асфальтобетонного покрытия в условиях интенсивного увлажнения, является длительная водостойкость. При применении вяжущего, обработанного СВЧ-полем, этот параметр существенно увеличивается (рис. 3), так как требуется больше энергии, чтобы отделить пленку активированного вяжущего от поверхности наполнителя из-за повышения адгезии.

На рис. 3 видно, что с течением времени водостойкость образцов на необработанном битуме снижается гораздо быстрее, чем водостойкость на СВЧ-активированном. На 120-е сут коэффициент водостойкости асфальтобетона с активированным битумом выше на 18%.

Таким образом, применение битума, активированного СВЧ-энергией, позволяет улучшить взаимодействие вяжущего с минеральным материалом, что значительно повышает физико-механические характеристики композита, его долговечность при работе в жестких климатических условиях.

#### Список литературы

1. Генцлер И. В. Карпетян А. С. Влияние ультразвука на органические вяжущие // Изв. вузов. Строительство. 2001. № 1. С. 36–39.
2. Шадрин Б. К. Омагничивание битумов // Изв. вузов. Строительство. 2003. № 6. С. 12–16.
3. Вендриховски В. А. Влияние радиоволн на сцепление битума с каменными материалами // Строит. материалы. 1995. № 8. С. 29–30.
4. Бурминский Н. И. Барачова Е. М. Перспективы использования СВЧ-технологии для приготовления дорожных битумов // Изв. вузов. Строительство. 1999. № 2–3. С. 114–115.
5. Акимов А. Е., Ядыкина В. В., Гридчин А. М. Применение токов СВЧ для повышения характеристик дорожных битумов // Строит. материалы. 2010. № 1. С. 12–16.

А.В. КОРОЧКИН, канд. техн. наук (andrey\_korochkin@mail.ru),  
 гл. инженер филиала «Автодорпроект»  
 ГУП МО Московский областной дорожный центр; Д.С. МАРТЯХИН, канд. техн. наук,  
 Московский автомобильно-дорожный технический университет (МАДИ)

## Требуемая прочность жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием

Автомобильный транспорт является главным расчетным элементом нагрузки на дорожную одежду. Для совершенствования методики расчета дорожной одежды, определения фактической и перспективной нагрузки на нее необходимо детальное изучение режимов движения транспортных средств, распределения автомобилей по полосам движения совместно с анализом состава транспортного потока.

В статье проведен анализ транспортного потока на многополосных участках автомобильной магистрали М-2 «Крым», так как на этой магистрали, как и на многих других, дорожная одежда представляет собой жесткую конструкцию с асфальтобетонным покрытием. На таких магистралях осуществляется интенсивное движение как легковых, так и большегрузных автомобилей. Таким образом, при расчете основания и покрытия дорожных одежд необходимо учесть все факторы, оказывающие разрушающее и изнашивающее воздействие на конструкцию.

По результатам инженерно-геологических изысканий на цементобетонном основании толщиной 16–22 см уложены асфальтобетонные слои толщиной 10–40 см. При этом толщина основания конструкции дорожной одежды на всем протяжении рассматриваемых участков одинакова. Определив фактическую и перспективную нагрузки на конструкцию, возможно оптимизировать толщину и параметры различных ее элементов.

Исходя из транспортно-эксплуатационных требований согласно «Изменению № 5» к СНиП 2.05.02–85, п. 4.2 от 8 октября 2004 г. в качестве расчетного принимается автомобиль с наибольшей нагрузкой на одиночную ось 115 кН (11,5 тс) с расчетным диаметром следа колеса  $D = 40$  см (рис. 1). Руководствуясь действующими нормативными документами по расчету конструкции дорожных одежд, при определении приведенной интенсивности движения ( $N_p$ ), необходимо учитывать полосность. Однако в настоящее время изменилась не только интенсивность движения и состав транспортного потока, изменился характер движения. Транспортный поток распределяется по полосам движения иначе,

чем это предусмотрено действующими нормативными документами.

Исследования режима движения транспортных потоков на автомобильной магистрали М-2 «Крым» проводили в 2003–2009 гг. Данная автомагистраль относится к дорогам I-«а» технической категории.

В результате первичного ознакомления было выделено 4 характерных участка, которые отличались друг от друга основными показателями, такими как интенсивность движения, состав транспортного потока и скорость движения (табл. 1).

Первый участок протяженностью 10,5 км автодороги М-2 «Крым» обеспечивает 6-полосное движение транспорта с разделительной полосой с газоном. Данный участок характеризуется большими значениями интенсивности движения и высокими показателями скорости. Также наблюдается большая доля грузового транспорта в потоке, которая составляет в среднем около 20–30%. Ширина обочин на этом участке составляет в среднем 3,5 м. Укрепленная полоса имеет асфальтобетонное покрытие шириной 2,7–2,8 м.

Следующий участок автодороги М-2 «Крым» общей протяженностью 8,2 км обеспечивают 8 полос для движения транспорта. Причем имеется 4 полосы для транзитного потока и 4 полосы для местного движения. Противоположные направления имеют разделительную полосу с газоном, транзитный поток отделен от местного при помощи разделительной полосы шириной 4 м. Эти участки характеризуются небольшими перепадами интенсивности транспортного потока относительно друг друга. Интенсивность на этих участках заметно выше, чем на первом, однако на скоростной режим это не оказывает практически никакого влияния. Доля грузового транспорта в потоке также составляет около 20–30%. На этом участке ширина обочины несколько больше по сравнению с первым и составляет 3,75–3,9 м. Ширина укрепленной полосы существенно снижается до 0,75 м.

Участок № 3 длиной 9,3 км имеет 6 полос для движения с разделительной полосой с газоном. На участке № 4

Таблица 1

№ участка	Местоположение участка (км от МКАД)	Местоположение створа измерений (км от МКАД)	Число полос движения (в одном направлении)
1	0–10,5	6	3
2	10,5–18,7	13	2+2
3	18,7–28	19	3
4	28–50	36	2

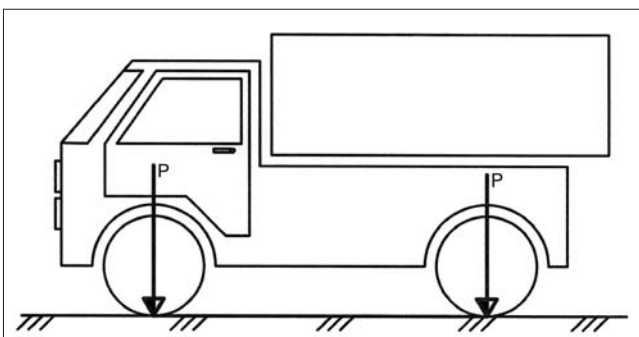


Рис. 1. Воздействие расчетной нагрузки  $P=115$  кН (11,5 тс)

Таблица 2

Тип транспортного средства	Процент в транспортном потоке
Легковые автомобили	91,1
Грузовые автомобили грузоподъемностью до 2 т	2,6
Грузовые автомобили грузоподъемностью 2–5 т	1
Грузовые автомобили грузоподъемностью более 5 т	0,8
Автопоезда	2,9
Автобусы	1,6

длиной 22 км 4 полосы движения также с разделительной полосой с газоном. На этих двух участках ширина обочины находится в пределах 4–4,5 м, ширина укрепленной полосы — 2,7–3,1 м. Состояние обочин и укрепленной полосы на всем протяжении рассматриваемого участка дороги в целом удовлетворительное.

Наблюдения проводили как в рабочие, так и в выходные дни.

При этом интенсивность движения относительно равномерна в разные дни недели и незначительно увеличивается в выходные и праздничные дни, что связано с поездками граждан за город.

Интенсивность движения определяли непрерывно в процессе измерений и фиксировали каждые 5 мин. Транспортный поток был разделен на следующие группы автомобилей: легковые; грузовые грузоподъемностью до 2 т; грузовые грузоподъемностью 2–5 т; грузовые грузоподъемностью более 5 т; автопоезда; автобусы.

В статье приведены данные для максимальной загрузки автомобильной магистрали, поскольку именно эти условия необходимо учесть при расчете дорожной одежды.

Среднесуточная интенсивность движения на автомагистрали М-2 «Крым» на участке № 1 в 2003 г. составила 60 670 авт./сут, в 2004 г. — 73 569 авт./сут, а в 2009 г. — 94 256 авт./сут. Таким образом, увеличение интенсивности движения за 5 лет составило 55,4%. На участке № 2 и № 3 среднее увеличение интенсивности движения за год 14,7% и 20% соответственно. На участке № 4 интенсивность движения увеличилась с 29 230 авт./сут в 2003 г. до 37000 авт./сут в 2004 г. и до 56 439 авт./сут в 2009 г. Увеличение интенсивности движения на этом участке за 5 лет составило 93,1%, в среднем за год — 18,6%.

Состав транспортного потока на автомобильной магистрали М-2 «Крым» представлен в табл. 2 (в среднем

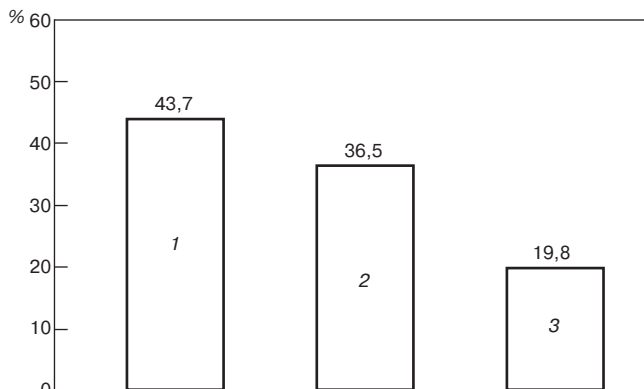


Рис. 2. Распределение интенсивности движения по полосам движения на 1-м участке автомагистрали М-2 «Крым», %: 1 – левая полоса движения; 2 – средняя полоса движения; 3 – правая полоса движения

Таблица 3

Тип транспортного средства	Процент в транспортном потоке по полосам		
	левая	средняя	правая
Легковые автомобили	97,2	90,2	80,1
Грузовые автомобили грузоподъемностью до 2 т	0,9	1,7	4,6
Грузовые автомобили грузоподъемностью 2–5 т	0,7	1,5	3,4
Грузовые автомобили грузоподъемностью более 5 т	0,5	1,4	3
Автопоезда	0,4	1,6	5,1
Автобусы	0,3	3,6	3,8

за период 2003–2009 гг.). Анализ полученных данных показывает, что основную долю составляют легковые автомобили.

Распределение интенсивности движения на всех участках представлено на рис. 2–5. Данные приведены для среднего уровня загрузки автомобильной дороги (2600–3100 авт/ч в одном направлении).

Обращает на себя внимание существенное различие состава транспортного потока по полосам движения (табл. 3).

На основании проведенных наблюдений стало очевидно, что состав и интенсивность движения по всем полосам даже при обычных условиях практически идентичны. Следовательно, нагрузка на дорожную конструкцию между двумя полосами распределяется равномерно. Это обстоятельство необходимо учитывать при расчете как нежестких, так и жестких дорожных одежд.

Определим требуемый модуль упругости для каждого из участков, для всех полос движения согласно ОДН 218.046–01.

Участок № 1: расчетная приведенная интенсивность движения для первой полосы движения  $N_{p1} = 3889$  авт./сут, для второй полосы —  $N_{p2} = 3057,6$  авт./сут, для третьей полосы —  $N_{p3} = 1686,3$  авт./сут.

Суммарное расчетное количество приложенной расчетной нагрузки за срок службы  $\Sigma N_{p1} = 5\,036\,096$  авт./сут,  $\Sigma N_{p2} = 3\,959\,467$  авт./сут.,  $\Sigma N_{p3} = 2\,183\,689,36$  авт./сут.

Требуемый модуль упругости  $E_{тр1} = 345$  МПа;  $E_{тр2} = 335$  МПа;  $E_{тр3} = 310$  МПа.

Общий модуль упругости составит:  $E_{общ1} = 518$  МПа;  $E_{общ2} = 503$  МПа;  $E_{общ3} = 465$  МПа.

Участок № 2: расчетная приведенная интенсивность движения для первой полосы движения (транзит)  $N_{p1т} = 3493,6$  авт./сут; для второй полосы (транзит) —  $N_{p2т} = 1334,2$  авт./сут; для первой полосы (местная сеть) —  $N_{p1м} =$

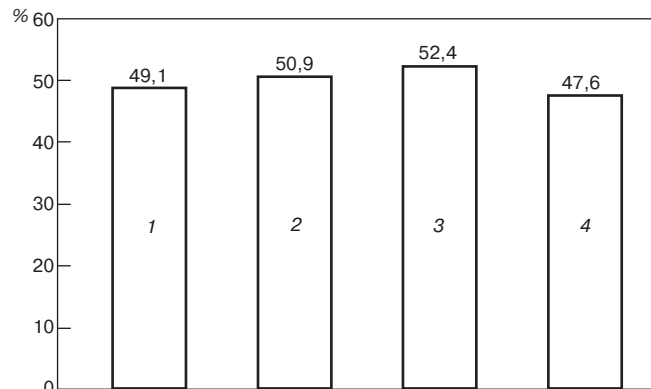


Рис. 3. Распределение интенсивности движения по полосам движения на 2-м участке автомагистрали М-2 «Крым», %: 1 – левая полоса движения (транзит); 2 – средняя полоса движения (транзит); 3 – левая полоса движения (местная); 4 – правая полоса движения (местная)

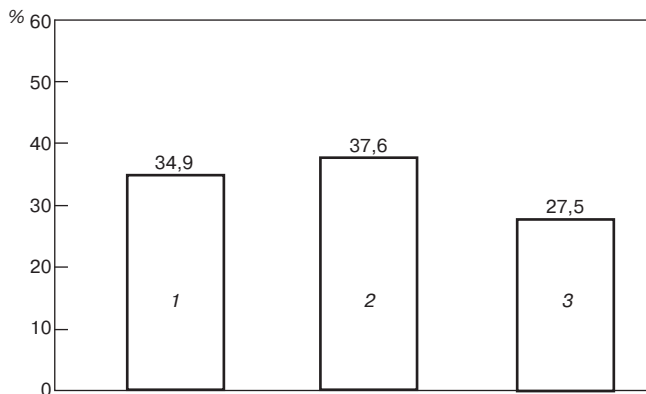


Рис. 4. Распределение интенсивности движения по полосам движения на 1-м участке автомагистрали М-2 «Крым», %: 1 – левая полоса движения; 2 – средняя полоса движения; 3 – правая полоса движения

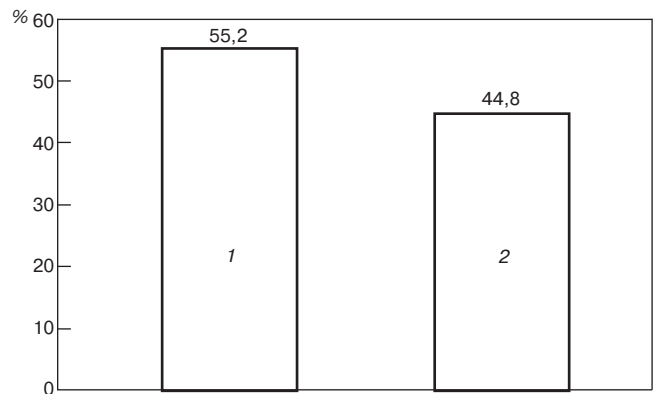


Рис. 5. Распределение интенсивности движения по полосам движения на 1-м участке автомагистрали М-2 «Крым», %: 1 – левая полоса движения; 2 – правая полоса движения

4670,1 авт./сут; для второй полосы (местная сеть) –  $N_{p2m} = 2035,3$  авт./сут.

Суммарное расчетное количество приложений расчетной нагрузки за срок службы. Получаем  $\Sigma N_{p1r} = 4\,524\,069$  авт./сут;  $\Sigma N_{p2r} = 1\,727\,734$  авт./сут;  $\Sigma N_{p1m} = 6\,047\,588$  авт./сут;  $\Sigma N_{p2m} = 2\,635\,630$  авт./сут.

Требуемый модуль упругости  $E_{тр1r} = 341$  МПа;  $E_{тр2r} = 300$  МПа;  $E_{тр1m} = 353$  МПа;  $E_{тр2m} = 318$  МПа.

Общий модуль упругости составит:  $E_{общ1} = 511$  МПа;  $E_{общ2} = 449$  МПа;  $E_{общ3} = 530$  МПа;  $E_{общ4} = 477$  МПа.

Участок № 3: расчетная приведенная интенсивность движения для первой полосы движения  $N_{p1} = 4435,4$  авт./сут; для второй полосы –  $N_{p2} = 2586,4$  авт./сут; для третьей полосы –  $N_{p3} = 1350,2$  авт./сут.

Суммарное расчетное количество приложений расчетной нагрузки за срок службы. Получаем  $\Sigma N_{p1} = 5\,743\,661$  авт./сут;  $\Sigma N_{p2} = 3\,349\,282$  авт./сут;  $\Sigma N_{p3} = 1\,748\,324$  авт./сут.

Требуемый модуль упругости  $E_{тр1} = 351$  МПа;  $E_{тр2} = 328$  МПа;  $E_{тр3} = 300$  МПа.

Общий модуль упругости составит:  $E_{общ1} = 527$  МПа;  $E_{общ2} = 492$  МПа;  $E_{общ3} = 450$  МПа.

Участок № 4: расчетная приведенная интенсивность движения для первой полосы движения  $N_{p1} = 3549$  авт./сут; для второй полосы –  $N_{p2} = 1731,2$  авт./сут.

Суммарное расчетное количество приложений расчетной нагрузки за срок службы. Получаем  $\Sigma N_{p1} = 4\,595\,809$  авт./сут;  $\Sigma N_{p2} = 2\,241\,833$  авт./сут.

Требуемый модуль упругости  $E_{тр1} = 342$  МПа;  $E_{тр2} = 311$  МПа.

Общий модуль упругости составит:  $E_{общ1} = 512$  МПа;  $E_{общ2} = 466$  МПа.

В настоящее время важным моментом является то обстоятельство, что в случае возникновения дорожно-транспортного происшествия, даже незначительного, весь транспортный поток устремляется на одну из полос движения, свободную для проезда. Это в 2–2,5 раза увеличивает разрушающее воздействие на дорожную одежду. Также это относится и к производству ремонтных работ на автодороге.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о необходимости проектирования и расчета конструкции дорожной одежды, единой по всему поперечному профилю проезжей части (по всей ширине). При расчете как цементобетонного основания, так и асфальтобетонного покрытия целесообразно принимать единую нагрузку на каждую полосу движения из полученных данных по максимальной загрузке одной из полос.

Таким образом, учитывая срок службы цементобетонного основания около сорока лет, при применении в верхних слоях конструкции асфальтобетона (в качестве защитного слоя) повышается долговечность и износо-

стойкость дорожной одежды. Дорожная одежда, состоящая из цементобетонного основания и асфальтобетонного покрытия, полностью соответствует предъявляемым к ним требованиям.

**Ключевые слова:** асфальтобетон, цементобетон, прочность.

Список литературы

1. Корочкин А. В. Особенности работы жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием // Строит. материалы. 2009. № 2. С. 64–66.
2. Федотов Г. А., Поспелов П. И. и др. Справочная энциклопедия дорожника. Т. V. Проектирование автомобильных дорог. М.: Информавтодор, 2007. 667 с.



БЕЛГОРОДСКАЯ  
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА



БЕЛЭКСПОЦЕНТР

## 4-6 августа 2010

### VI БЕЛГОРОДСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ



Межрегиональная  
специализированная выставка

## СОВРЕМЕННЫЙ ГОРОД

СТРОЙИНДУСТРИЯ  
ЯРМАРКА  
НЕДВИЖИМОСТИ  
ЭНЕРГЕТИКА.  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.  
ЭКОЛОГИЯ



Т./ф.: (4722) 58-29-51, 58-29-50, 58-29-41  
E-mail: belexpo@mail.ru; www.belexpocentr.ru  
г. Белгород, ул. Победы, 147-а



Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, канд. техн. наук, доцент,  
Автомобильно-дорожный технический университет (МАДИ), Москва

## Оценка свойств дорожно-строительных материалов на этапе автоматизированных испытаний

Одной из основных проблем дорожного хозяйства является повышение качества и долговечности асфальтобетонных покрытий. Для этого необходимо решение многих вопросов, в том числе и совершенствование нормативно-технической базы и лабораторного обеспечения, особенно на этапе автоматизированных испытаний.

Стандартизация методов испытаний в строительстве и производстве строительных материалов широко развита. Например, в дорожном строительстве всегда существенна неоднородность масс бетона, обусловленная значительным разбросом свойств цемента даже одной марки по партиями. Поэтому особо важны испытания образцов цемента и уже пригоготовленного бетона.

Особое внимание в последние три десятилетия было обращено на композитные материалы, о чем свидетельствуют ГОСТ 25.602—80 «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на сжатие при нормальной, повышенной и пониженной температурах»; ГОСТ 25.603—82 «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на растяжение кольцевых образцов при нормальной, повышенной и пониженной температурах».

Наиболее подробную картину разнообразия типов, видов и вариантов испытаний дает ГОСТ 16504—81 «Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения». Содержащаяся в этом стандарте терминология тщательно выверена и устойчиво сложилась в единую терминосистему, в ней интегрирован отечественный опыт прошедших десятилетий. Имеются определенные пробелы, так как не учтены новые тенденции, представленные в переводе на русский язык международных стандартов, национальных и корпоративных нормативных документов других стран.

Во времена разработки первой версии ГОСТ 16504—81 входил в комплекс стандартов «Система государственных испытаний продукции», в который должна была входить серия стандартов «Испытания и контроль качества продукции». В этом комплексе в 70-е гг. прошлого века была задумана совокупность взаимно согласованных стандартов, но были разработаны и введены в действие только немногие из них. Государственные испытания были высшей формой испытаний, теперь они сохранились только для продукции в определенных областях (здравоохранение, военная техника, атомная промышленность и некоторые другие). В наше время часто окончательным является уровень заказчик—производитель. Но большинство терминов ГОСТ 16504—81 имеет всеобщую применимость, не только к государственным испытаниям.

Еще в 70-е гг. прошлого века одновременно с международной организацией по стандартизации ИСО (ISO) и при одной и той же общей концепции прорабатывали вопросы управления качеством; исходным можно считать ГОСТ 15467—79 «Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения». Во-

преки обычным представлениям качество в стандартах понимается исключительно как мера соответствия документально установленным требованиям. Такое понимание вполне соответствует содержанию основных пунктов стандартов ИСО 9000 всех последовательных версий.

В ГОСТ 16504—81 введены и стратифицированы две близкие категории: испытания и контроль. Близость этих понятий проявляется, в частности, в том, что существует такой вид испытаний, как контрольные испытания. В учебной литературе четкого понимания различий между ними часто нет.

Действующий стандарт на асфальтобетонные смеси и асфальтобетон (ГОСТ 9128—97) практически не претерпел принципиальных изменений с 1955 г., и ряд его положений нуждается в пересмотре. Это в том числе касается вопросов нормирования показателей свойств материала, методов их оценки, порядка отбора проб и др.

В ГОСТ 9128—97 приемосдаточные испытания, которые предполагают проведение контрольных испытаний продукции при приемочном контроле, по сути своей таковыми не являются. Результаты, получаемые в ходе этих испытаний, имеют существенное запаздывание к процессу отгрузки асфальтобетонных смесей потребителю. То что в ГОСТ 9128—97 именуется приемосдаточными испытаниями, правильнее называть в соответствии с ГОСТ 16504—81 «Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения» периодическими испытаниями, которые осуществляются в объемах и в сроки, установленные нормативно-технической документацией «с целью контроля стабильности качества продукции и возможности продолжения ее выпуска», и срок их проведения фактически составит одни сутки.

В соответствии с рядом нормативных документов, в том числе, стандартами серии ГОСТ Р ИСО 9000, под приемосдаточными испытаниями фактически подразумеваются такие испытания только после получения положительного результата, по которому возможно осуществить отгрузку потребителю произведенной продукции. Положение ГОСТ 9128—97 фактически противоречит требованиям п. 8.2.4. ГОСТ Р ИСО 9001, в котором сказано, что до завершения всех запланированных мероприятий выпуск продукции не должен осуществляться. Фактически на сегодняшний день для внедрения системы менеджмента качества на асфальтобетонном заводе также требуется изменить подход к приемосдаточным испытаниям продукции.

Стадия приемки готовой продукции включает в себя не только проверку соответствия изготовленной продукции требованиям нормативных документов, но и проверку того, действительно ли выполнены все надлежащие проверки и испытания. С точки зрения потребителя до того как он принял продукцию, должно быть выполнено все, что полагается по регламенту.

Для всех отраслей промышленности свойственно наличие отклонений и сбоев с той или иной степенью

вероятности, приводящее к выпуску брака. В этой ситуации становится важным своевременно оценить происходящее. Это позволит оперативно вмешаться в производственный процесс и в ряде случаев предотвратить выпуск некондиционной продукции.

Еще в середине прошлого века французский ученый Роберт Лермит указывал, что в связи с тем, что контроль за качеством бетона осуществляется уже на отвердевшем материале в лучшем случае через 7 сут после приготовления бетона, чаще же всего спустя 28 сут, «практическое значение результатов таких испытаний обесценивается уже тем, что они получаются с запаздыванием и поэтому теряют свое оперативное значение» [1].

Проблема заключается, например, в том, что в процессе производства асфальтобетонных смесей имеет место изменение свойств исходных материалов, связанное с неоднородностью минеральных материалов по зерновому составу, влажности и иным показателям. Возможны отклонения в дозировании материалов, вариации температур и многое другое. Нельзя исключать из рассмотрения и субъективный фактор со стороны исполнителей [2].

Определение прочности бетона состоит в измерении минимальных усилий, разрушающих специально изготовленные контрольные образцы бетона при их статическом нагружении с постоянной скоростью роста нагрузки и последующим вычислением напряжений при этих усилиях в предположении упругой работы материала. Испытание бетона на прочность при сжатии по евростандарту EN 206-1 и российскому ГОСТ 10180–90 производится на образцах, отличающихся размером и формой. Кроме образцов-кубов европейские нормы предполагают испытание образцов-цилиндров. В ряде работ по исследованию свойств, например [2], прессованного бетона используют образцы цилиндрической формы, которые получают выпрессовкой из формы непосредственно после формования. Изготовление образцов-цилиндров из пластичных смесей таким путем не представляется возможным. Выпрессовка затвердевших образцов из формы может вызвать структурные нарушения и сказаться на прочности материала, возникают внутренние напряжения, приводящие к возникновению трещин, нарушению структуры материала, что снижает конечную прочность образцов [2].

Существенное отставание в сроках получения информации по результатам испытания асфальтобетонных смесей создает объективные предпосылки для «корректировки» в ряде случаев в сторону улучшения данных, заносимых в рабочий журнал. Связано это с тем, что лаборант осознает, что все равно исправить что-либо в большинстве случаев на основании полученной информации уже не представляется возможным, а создавать лишние трудности себе и своему предприятию нецелесообразно. По этой причине, как указано в ГОСТ Р ИСО 5725-2, «создаются соблазны для корректировки данных».

На многих асфальтобетонных заводах, где работают опытные лаборанты, болеющие за свое дело, истинные результаты сохраняются в «черном» журнале и соответствующим образом анализируются. Но как правило, увидеть этот журнал стороннему лицу не представляется возможным. О его существовании обычно можно только догадываться. Во многих же случаях истинные значения просто бесследно исчезают. В этом случае никакого анализа, естественно, не производится.

Во многих лабораториях асфальтобетонных заводов используют ускоренные методы оценки физико-механических показателей: методики, изложенные в [3] или некоторые их модификации. Однако в силу того, что официального статуса эти методики не имеют, по ним полученные результаты носят ориентировочный характер. В ряде лабораторий данные, получаемые в ходе ускоренных испытаний, заносят в рабочий журнал как приемо-

сдаточные. В некоторых лабораториях дополнительно помимо ускоренных проводят испытания по стандартной методике. Получаемые данные заносят, как правило, в разные журналы, соответственно в «черный» и «белый».

Следует отметить, что в российском законодательстве (п. 2 ст. 18.19 Кодекса РФ об административных правонарушениях) ответственность предусмотрена только за предоставление недостоверных результатов испытаний продукции, подлежащей обязательной сертификации, что никоим образом не распространяется на производство асфальтобетонных смесей, подлежащих исключительно добровольному подтверждению соответствия. Ответственность за проведение контроля качества продукции вообще непредусмотрена. Это порождает безнаказанность в данном вопросе.

В качестве иного подхода, например, возможно отметить опыт Германии, где за утаивание результатов испытаний, их фальсификацию следует уголовная ответственность с наказанием от трех до пяти лет тюремного заключения [4].

В результате осуществляемый в настоящее время контроль качества асфальтобетонных смесей зачастую осуществляют формально, а те данные, которые заносят в рабочий журнал лаборатории, не всегда можно рассматривать как объективные.

При этом, естественно, недопустимо подозревать всех работников заводских лабораторий в нечистоплотности. Здесь необходимо руководствоваться принципом презумпции невиновности. Это особенно важно в связи с тем, что в большинстве случаев доказать природу происхождения того или иного значения показателя свойств, занесенного в рабочий журнал, не представляется возможным. По этой причине если фальсификация результатов и имела место, то это остается исключительно на совести исполнителя.

Вскрыть факт отклонения показателей свойств от нормативных значений возможно лишь в процессе отбора кернов (вырубок) из дорожного покрытия на объекте, но вероятность этого ничтожна мала. Если отбирать три керна от 1000 м<sup>2</sup>, как это указано в СНиП 3.06.03–85, вероятность составит 0,002%, а от 7000 м<sup>2</sup> и того меньше — 0,0003%. На эти результаты окажут влияние технология укладки и уплотнения. Не всегда можно с уверенностью сказать, из какой партии уложена асфальтобетонная смесь в данном конкретном месте отбора кернов. Фактически подлежат оценке только средняя плотность и водонасыщение, так как все другие показатели определяют на перестроенных образцах, а процесс перестройки также может существенно сказаться на результатах испытаний.

В связи с этим для обеспечения долговечности асфальтобетона, а также оптимального расходования средств необходима иная система контроля качества дорожно-строительных материалов и работ.

Существенную роль в обеспечении качества асфальтобетонных смесей и асфальтобетона играет контроль качества на стадии приготовления на асфальтобетонном заводе. Отклонения от регламентированных свойств материала, допущенные на стадии производства, не могут быть устранены на стадии выполнения строительно-монтажных работ.

Своевременная оперативная информация о параметрах произведенной асфальтобетонной смеси обеспечивает в большинстве случаев реальную возможность избежать преждевременного разрушения дорожных покрытий.

Существующие методы контроля качества асфальтобетонных смесей, когда в соответствии с действующим стандартом результат контроля качества можно получить не ранее 12 ч с момента отгрузки смеси потребителю, в принципе не обеспечивают возможность выполнения оперативного контроля и своевременной коррек-

ции в случае необходимости. К моменту получения информации о качестве асфальтобетонной смеси последняя уже уложена в конструкцию и что-либо исправить без разборки покрытия не представляется возможным. Осуществляемый при этом контроль позволяет только фиксировать брак.

Для оперативного предупреждения брака необходимы ускоренные методы определения физико-механических характеристик асфальтобетона. Такие методы были предложены еще в середине прошлого века [5], однако не были реализованы при разработке ныне действующих нормативно-технических документов. Официальная причина этого — отсутствие корреляции между стандартными и ускоренными методами испытания.

Однако здесь возникает ситуация, когда любой метод испытания является в той или иной степени условным. В том числе значения прочности асфальтобетона, определяемые по стандартизированной методике, никаким образом не учитывают в расчете дорожной конструкции. В связи с этим утверждать, что именно предел прочности асфальтобетона при 20 или 50°C, определенный по стандартизированной методике, является «истинным» значением, едва ли правомочно. Получаемое значение «существенно запаздывает» к моменту, когда действительно необходима эта информация и в случае необходимости возможно было бы вмешаться в производственный процесс и что-то исправить или предотвратить появление брака.

Правильно было бы применять методику, описанную в Информационном письме № 91 СОЮЗДОРНИИ «Ускоренные методы испытаний дорожно-строительных материалов» (1957 г.) [4], когда речь шла о том, что ускоренные методы испытания возможно применить при условии, если центральной лабораторией предварительно проведена проверка физико-механических свойств асфальтобетона в соответствии с требованиями технических условий (неускоренными методами). Было указано, что должно быть проверено соответствие показателей при ускоренных методах определения и обычных.

При пользовании ускоренными методами лаборатория завода не менее одного раза в смену должна проверять физико-механические свойства неускоренными методами, то есть обычным способом, что фактически неофициально реализуется сегодня на ряде асфальтобетонных заводов, где параллельно со стандартными испытаниями проводятся ускоренные.

В настоящее время существует методика нахождения соответствия между различными методами испытаний, в том числе при проведении испытаний гетерогенных материалов, типичным представителем которых является асфальтобетонная смесь. Поэтому предприятия-изготовители не имели возможности оперативно контролировать и влиять на одну из основных технологических операций при устройстве асфальтобетонных покрытий — качество приготовленной асфальтобетонной смеси.

Ускоренный метод должен быть универсальным, не должен зависеть от состава асфальтобетона, качества исходных материалов, температуры и метода испытаний.

Экспресс-метод определения механических свойств должен отвечать следующим требованиям:

- получение результата в кратчайшие сроки (в течение 1–2 ч) после производства асфальтобетонной смеси;
- обеспечение необходимой точности и стабильности результатов испытаний (воспроизводимость и сходимость по отношению к стандартному методу);
- реализация предлагаемых методов на базе имеющегося в лаборатории оборудования.

При этом Р. Лермит указывал, что метод экспресс-контроля, реализуемый «без предупреждения 1–2 раза в день, оказывает определенное психологическое воздействие на лиц, занятых приготовлением бетонной смеси,

и приводит к значительному улучшению однородности материала» [1].

В 2001 г. в Республике Беларусь были введены в действие Рекомендации по ускоренным методам испытаний асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов, которые достаточно широко применяли многие асфальтобетонные заводы, в результате чего был получен обширный статистический материал.

На основании результатов практического использования Рекомендаций был разработан и утвержден новый стандарт Белоруссии СТБ 1536–2005 «Смеси асфальтобетонные, дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Экспресс-методы испытаний».

Повысить объективность получаемой информации, фиксируемой в документах лаборатории, возможно путем массового внедрения в практику работы заводских лабораторий различного вида контрольных карт. Это обеспечивает возможность не только визуальной оценки хода процесса, но и оценки стабильности процесса на основе многочисленных статистических критериев, сигнализирующих о возможной разладке процесса. На основе построения контрольных карт возникает реальная возможность прогнозирования параметров продукции, не дожидаясь получения фактических результатов лабораторных исследований. Это крайне актуально для бетонных смесей, большинство результатов испытаний которых может быть получено с существенной задержкой.

Повысить качество в строительстве, в том числе в дорожном, реально обеспечивая надежность и объективность результатов, получаемых в лабораториях и фиксируемых в рабочих журналах, возможно за счет организации регулярных межлабораторных испытаний [6].

Достоверность результатов испытаний, получаемых в лабораториях, регламентирует обоснованность принимаемых на их основе управляющих решений. В любом случае можно констатировать, что необходим системный подход в оценке качества как на стадии приготовления смесей, так и на стадии выполнения строительно-монтажных работ.

Для того чтобы огромные материальные, финансовые и трудовые ресурсы государства были использованы наилучшим образом, необходима своевременная система контроля качества строительства дорог.

**Ключевые слова:** автоматизированные испытания, дорожно-строительные материалы, лабораторное обеспечение, бетон, цемент, образцы для испытаний.

#### Список литературы

1. Лермит Р. Проблемы технологии бетона: Пер. с фр. / Под ред. А.Е. Десова. Изд. 3-е. М.: ЛКИ, 2008. 296 с.
2. Белов В.В., Смирнов М.А. Формирование структуры и свойств пресованных бетонных изделий // Социально-экономические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: Материалы международной конференции. Тула: ТулГУ, 2003. Т. 2. С. 127–134.
3. Ускоренные методы испытаний дорожно-строительных материалов. СОЮЗДОРНИИ. Информационное письмо № 91. М.: Автотрансиздат, 1957. 56 с.
4. Рекомендации по ускоренному определению средней плотности, водонасыщения и набухания асфальтобетона. Минск: 1990. 16 с.
5. Качество — удовольствие дорогое. За него надо платить. Заметки с международного форума // Стандарты и качество. 1994. № 4. С. 3–6.
6. Васильев Ю.Э., Шляфер В.Л. Регулярные межлабораторные испытания // Наука и техника в дорожной отрасли. 2006. № 2. С. 6–7.

А.Н. ПОПОВ, канд. техн. наук, Д.Е. БАРАБАШ, д-р техн. наук,  
И.Г. ШАШКОВ, инженер (popalnik@mail.ru),  
Военный авиационный инженерный университет (Воронеж)

## Совершенствование методики оценки технического состояния бетонных аэродромных покрытий на основе вероятностно-статистического прогноза

Развитие современной авиационной техники предъявляет все более высокие требования к качеству и долговечности аэродромных покрытий.

Это обуславливает необходимость совершенствования методов их проектирования, строительства и эксплуатационного содержания.

Наметившийся рост (в 1,5–2 раза) объемов авиаперевозок до 2020 г. ведет к увеличению интенсивности эксплуатации действующих аэродромов, количество которых за последние годы уменьшилось с 1302 в 1992 г. до 351, и, как следствие, возрастанию требований к их эксплуатационной готовности.

Вместе с тем около 70% аэродромов построено более 20 лет назад и в настоящее время имеет высокий уровень износа. В целом износ основных фондов аэродромной сети приблизился к 80%, при котором любая техническая система не обеспечивает безопасную эксплуатацию.

Ежегодная потребность в финансировании развития и технического обслуживания основных фондов только действующих аэродромов составляет 50,1 млрд р.

Общий объем недофинансирования за последние годы составил около 765 млрд р. Недостаток средств воспроизводства основных фондов привел к тому, что плано-предупредительный ремонт элементов аэродромов сводится только к текущему ремонту, который не может заменить капитальный и предотвратить некompенсиремый износ аэродромов. Однако в настоящих условиях это единственная мера, позволяющая обеспечить поддержание аэродромов в работоспособном состоянии.

Главным содержанием плано-предупредительного ремонта сооружений аэродромов является система мониторинга и анализа результатов обследования, итогом которой является заключение о состоянии покрытий и рекомендации по текущему ремонту. Необходимость дальнейшего совершенствования действующих методик оценки технического состояния аэродромов вызвана тем, что они дают оценку состояния покрытия только на момент обследования и не позволяют спрогнозировать его изменение, следовательно, заблаговременно спланировать работы по текущему содержанию и зарезервировать необходимые денежные средства [1].

В условиях недостаточного финансирования особую актуальность приобретают методики оперативной оценки технического состояния аэродромных покрытий, основанные на глубоком научном анализе причин и последствий разрушения конструктивных элементов и применении математического аппарата теории надежности для прогнозирования возможных вариантов

его дальнейшего изменения. Такой подход позволит если не исключить, то свести к минимуму влияние субъективных факторов, вызванных профессиональной подготовкой персонала аэродромной службы. Кроме того, данные прогноза изменения технического состояния на ближайшие 3–5 лет позволят эксплуатационным подразделениям обоснованно спланировать денежные средства на текущее содержание, обеспечить в первую очередь ремонт тех участков, которые в перспективе подвергнутся наиболее интенсивному разрушению.

Целью проводимых исследований является разработка вероятностно-статистической модели развития и накопления повреждений аэродромных покрытий.

В исследованиях использованы основные положения теории надежности, с последующей их реализацией в методике оценки технического состояния основных элементов аэродрома и возможностью прогноза изменения технического состояния во времени и определения остаточного ресурса.

Известно, что надежность аэродромного покрытия — это число, характеризующее свойство не отказывать в работе системы, то есть обеспечивать безопасный взлет, посадку, руление воздушных судов. Очевидно, что абсолютно надежного покрытия, равно как и любой другой технической системы, нет и не может быть. В связи с этим при эксплуатации покрытия, состоящего из  $N_o$  плит, к моменту времени  $t$  обычно имеется  $N_n$  поврежденных плит и  $N_o$  отказавших плит. Действующей нормативной базой в зависимости от назначения системы и условий ее эксплуатации определены следующие показатели надежности системы: безотказность; долговечность; ремонтпригодность; сохраняемость и любые их сочетания. Разница между надежностью и долговечностью заключается в том, что в первом случае определяется вероятность  $P$ , а время  $T$  выступает как параметр, во втором случае, наоборот, определяется время  $T$  при заданной вероятности  $P$ .

Для объективности оценки эксплуатационной пригодности аэродромных покрытий целесообразно дополнительно ввести показатель *эксплуатационной долговечности*, характеризующий свойство сохранять работоспособность до граничного состояния, удовлетворяющего требованиям по несущей способности, но не обеспечивающего безопасность полетов. Следовательно, эксплуатационная долговечность определяет интервал времени работы аэродромного покрытия  $T_a$  при наличии отдельных повреждений, суммарное количество которых допустимо из условия обеспечения безопасности полетов и устанавливается заданным уровнем надежности  $P_{np}$ .

Таким образом, на искусственных покрытиях аэродромов допускается наличие некоторого количества дефектов. Точность оценки эксплуатационного состояния зависит от перечня дефектов, подлежащих анализу. Если рассматривать существующие методики оценки технического состояния поверхности покрытий, то количество учитываемых дефектов изменяется от 3 (метод сигнальной оценки по индексу  $S_k$ ) до 17 (методика определения комплексного показателя качества  $K^k$ ), которые в свою очередь подразделяют по степени их проявления и влияния на эксплуатационное состояние. Безусловно, бесконечное увеличение перечня дефектов позволяет наиболее точно оценить техническое состояние аэродромного покрытия. Однако такой подход ведет к увеличению трудоемкости мониторинга покрытия и сложности математического анализа. Кроме того, влияние отдельных дефектов на эксплуатационную долговечность (безопасность полетов) незначительно и ими следует пренебречь. В то же время минимизация количества параметров ( $n \rightarrow 0$ ) также недопустима, поскольку полученный результат не отображает действительного состояния покрытия.

Для оценки эксплуатационного состояния покрытий используется следующая классификация дефектов — по природе их происхождения и по влиянию на безопасность полетов.

По влиянию на безопасность полетов дефекты подразделяются на три группы [2]:

- дефекты, которые могут привести к аварии (недопустимые дефекты); при обнаружении их немедленно устраняют;
- дефекты, не угрожающие целостности покрытия; их устраняют при капитальном ремонте путем усиления покрытия или замены отдельных его элементов;
- дефекты, которые не приводят к разрушению конструкций, но снижают их эксплуатационные качества; дефекты устраняют при текущем ремонте.

Для оценки эксплуатационной пригодности достаточно ограничиться количеством дефектов, которые оказывают непосредственное влияние на безопасность полетов, то есть относящихся к третьей группе. Влияние каждого дефекта на безопасность оценивают коэффициентом весомости.

Для выбора наиболее значимых видов повреждений и более точных формулировок их описания использовали метод экспертных оценок. Для участия в экспертном опросе была сформирована экспертная группа (более 50 чел.), состоящая из ведущих специалистов в области строительства и эксплуатации аэродромов. При проведении опроса экспертам предлагалось выбрать из общего списка видов повреждений те, которые необходимо учитывать при оценке эксплуатационно-технического состояния поверхности жестких покрытий и проранжировать выбранные повреждения. Анкетирование показало, что для оценки технического состояния покрытия достаточно ограничиться следующими дефектами: уступы, сквозные трещины, разрушение плит, отколы углов плит, растрескивание и отслаивание герметизирующего материала, шелушение, оголение арматуры, выбоины.

Проявление и развитие дефектов зависит от вида и интенсивности воздействующих факторов. Анализ опыта эксплуатации аэродромных покрытий позволяет классифицировать указанные факторы: природно-климатические и гидрогеологические, механические, эксплуатационно-технологические.

В общем виде функция появления дефектов имеет вид:

$$n_a = f(KL_i; GS_i; TH_i), \quad (1)$$

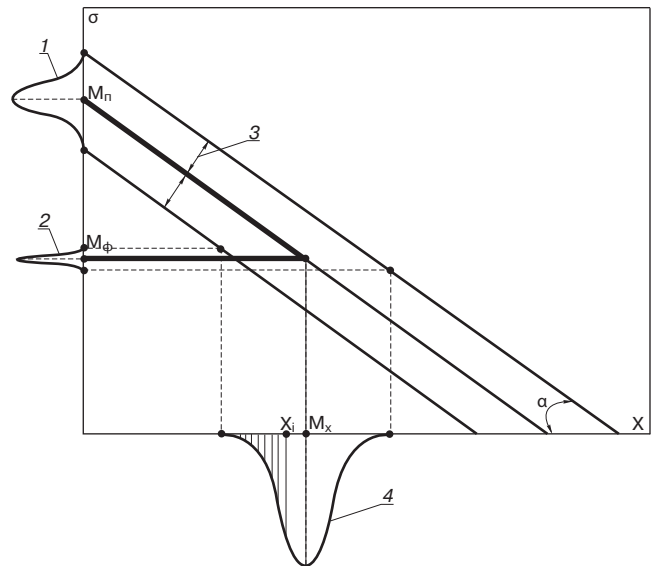


Рис. 1. Распределение параметров надежности аэродромного покрытия: 1 — распределение прочности бетона; 2 — распределение действующих напряжений; 3 — доверительные границы функции усталости бетона; 4 — распределение величины  $x$

где  $KL_i$  — природно-климатические воздействия;  $GS_i$  — механические нагрузки;  $TH_i$  — эксплуатационно-технологические воздействия.

Приведем алгоритм решения задачи накопления повреждений во времени. Распределение величины повреждений будет характеризоваться двумя параметрами:  $M_x$  — математическим ожиданием и  $S_x$  — среднеквадратическим отклонением. Известно, что повреждения в плите проявляются в том случае, если величина параметра, вызванного данным воздействием, превышает заданные проектом границы. Рассмотрим представленное положение на примере образования дефектов от механических воздействий при превышении напряжений в плите сверх заданных границ. Это определит доверительный интервал времени возникновения дефекта или допустимое количество нагрузок, что продемонстрировано графиком, представленным на рис. 1 [3].

Очевидно, что при оценке надежности аэродромных покрытий кроме фактора времени  $t$  важен учет иных воздействий — интенсивности полетов, объема применяемых антигололедных реагентов, количества циклов замораживания и оттаивания и т. д.

Для удобства пользования графиком применим логарифмическую шкалу и введем новую переменную  $x = \lg(gt)$ , где  $g$  — интенсивность воздействия в единицу времени.

На оси абсцисс показаны доверительный интервал прочности материала аэродромной плиты и доверительный интервал напряжения, возникающего в плите. Прочность бетона плиты со временем уменьшается. Рассматривая треугольник: проектное значение показателя ( $M_n$ ) — фактическое значение величины ( $M_\phi$ ) — математическое ожидание величины  $x$  ( $M_x$ ), получим выражение для определения математического ожидания  $M_x$ :

$$M_x = \frac{1 - \frac{M_\phi}{M_n}}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (2)$$

где  $M_\phi$  и  $M_n$  — средние значения фактического и проектного значений показателя бетона.

Принимаем  $M_n = 1$ , поскольку величина  $M_\phi$  должна выражаться в долях единицы.

Используя критерий Райта [3], по рис. 1 определяем среднеквадратическое отклонение  $S_x$ :

$$S_x = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} (S_\phi + S_n). \quad (3)$$

Найденные по формулам (2), (3) величины  $M_x$  и  $S_x$  позволяют определить функцию распределения  $x$ . Интегрирование этой функции в пределах от  $-\infty$  до  $x_i$  даст текущее значение величины вероятности повреждений аэродромного покрытия:

$$Q_{\Pi_i} = \frac{1}{S_x \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{-\frac{(z-M_x)^2}{2S_x^2}} dz. \quad (4)$$

Величина  $Q_{\Pi_i}$  показывает количество поврежденных в одном ряду плит взлетно-посадочной полосы или рулежной дорожки. Для нахождения величины повреждения всех рядов покрытия необходимо выполнить соответствующее суммирование.

На практике целесообразно выбрать наиболее загруженный ряд плит и вычислить величину  $Q_{\Pi_i}$  для значений  $x_1$ ;  $x_2$ ;  $x_3$ . Интерполяцией определяют допустимое количество нагружений и максимально допустимое значение повреждения.

Общее количество поврежденных под воздействием механических факторов плит через время  $t$  составит:

$$N_{O_i} = N_0 Q_{\phi_i} Q_{\Pi_i}, \quad (5)$$

где  $Q_{\Pi_i}$  — вероятность того, что в плите будут возникать дефекты под воздействием механических факторов;  $Q_{\phi_i}$  — вероятность того, что плита подвергнется воздействию различных комбинаций повреждающих факторов;  $N_0$  — общее количество плит.

Аналогично получают выражения для вычисления количества поврежденных плит от воздействия природно-климатических, эксплуатационно-технологических факторов и различных их комбинаций.

Общее число поврежденных плит составит:

$$N_{O_i} = N_0 Q_{\phi_1} Q_{\Pi_1} + N_0 Q_{\phi_2} Q_{\Pi_2} + N_0 Q_{\phi_3} Q_{\Pi_3} + \dots \quad (6)$$

При определении долговечности покрытия, уже находящегося в эксплуатации, надо иметь в виду, что такое покрытие имеет некоторый объем накопленных повреждений. Новые повреждения, которые образуются в результате продолжающейся эксплуатации, будут дополнительными слагаемыми к общей сумме. В связи с этим функция будет иметь значение, равное накопленному к моменту обследования объему повреждений.

Повысить надежность до требуемого значения во время эксплуатации возможно путем замены поврежденных плит (рис. 2).

После замены всех разрушенных плит получаем покрытие без видимых признаков повреждения. Далее одновременно будут протекать два процесса старения —

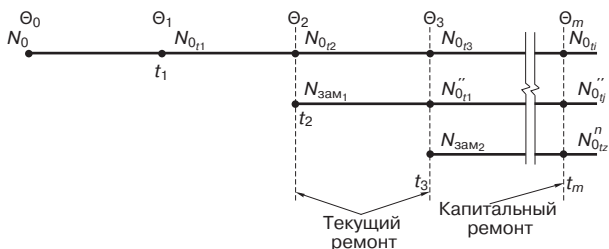


Рис. 2. Расчетная схема изменения технического состояния бетонного аэродромного покрытия

новых и старых плит, соответственно будут увеличиваться величины  $Q_{\Pi_n}$  и  $Q_{\Pi_c}$ . После следующей частичной замены плит получаем три слагаемых:  $Q_{\Pi_n}$ ;  $Q_{\Pi_{c1}}$  и  $Q_{\Pi_{c2}}$ , где величина  $Q_{\Pi_{c2}}$  соответствует количеству поврежденных плит, оставленных для дальнейшей эксплуатации.

Через интервал  $\Delta x$  величина повреждения аэродромного покрытия составит:

$$Q_{\Pi_o} = Q_{\Pi_c} + \frac{N_{\text{зам}i}}{N_0} Q_{\Pi_n} = \frac{1}{N_0} \int_{x_{\text{зам}}}^{x_{ic}} \frac{\partial N_{0i}}{\partial x} dx + \frac{N_{\text{зам}1}}{N_0^2} \int_{-\infty}^{x_{ic}} \frac{\partial N_{0i}}{\partial x} dx + \dots + \frac{N_{\text{зам}i}}{N_0^2} \int_{-\infty}^{x_{ic}} \frac{\partial N_{0i}}{\partial x} dx, \quad (7)$$

где  $N_0$  — общее количество плит на покрытие;  $N_{\text{зам}}$  — количество заменяемых плит;  $Q_{\Pi_n}$  — поврежденность новых плит;  $Q_{\Pi_c}$  — поврежденность старых плит.

Безусловно, накопление повреждений — процесс не бесконечный, и момент времени  $T_{\text{кр}}$ , когда текущего ремонта недостаточно и необходим капитальный ремонт, будет характеризоваться следующим выражением величины повреждения:

$$\sum (N_{0i} + N_{0i}'' + \dots + N_{0i}''') > N_{\text{доп}}, \quad (8)$$

где  $N_{\text{доп}}$  — допустимое количество поврежденных плит из условия обеспечения безопасности полетов при заданной надежности.

Изменение технического состояния покрытия вызывается повреждениями. Имеющиеся фактические данные о повреждениях не позволяют судить о наличии какой-либо закономерности в их развитии. Вместе с тем следует отметить, что эти данные являются усеченными и относятся к коротким и разным по времени периодам жизни покрытий. Техническое состояние покрытия можно считать абстрактной оценкой совокупности повреждений. Определим это состояние некоторой функцией  $\theta_t$ , которую разложим в ряд по степеням:

$$\theta(t) = \theta_{t=t_0} + \left[ \frac{d\theta(t)}{dt} \right]_{t=t_0} (t-t_0) + \frac{1}{2} \left[ \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} \right]_{t=t_0} (t-t_0)^2, \quad (9)$$

где  $\theta(t)$  — функция изменения состояния покрытия во времени;  $\theta_{t=t_0}$  — исходное техническое состояние покрытия на момент проведения мониторинга.

Первым членом ряда станет ордината — техническое состояние на момент времени  $t_0$ , второй член отражает динамику изменения состояния.

Если техническое состояние покрытия не меняется со временем, то  $\frac{d\theta(t)}{dt} = 0$  и  $\theta_t = \theta_{t=t_0}$ . Если имеет место неравенство:  $\frac{d\theta_1(t)}{dt} < \frac{d\theta_2(t)}{dt}$ , то можно считать, что состояние первого покрытия лучше второго.

Следовательно, величина  $\frac{d\theta(t)}{dt}$  может быть выбрана в качестве критерия технического состояния покрытия наряду с величиной  $\theta(t)$ .

Функция изменения состояния покрытия во времени позволяет планировать работы по текущему ремонту аэродромного покрытия.

Прогноз основывается на условии:

$$\frac{d\theta(t)}{dt} \leq \eta \frac{dL(t)}{dt}, \quad (10)$$

где  $L$  — количество средств на текущий ремонт покрытия;  $\eta$  — коэффициент пропорциональности.

Очевидно, что летная эксплуатация аэродрома не нарушается, если сумма интервалов времени между по-

летами  $\Sigma t_0$  больше времени  $t_n$ , необходимого для производства работ по текущему ремонту аэродромного покрытия. Если  $t_n > \Sigma t_0$ , ремонт невозможен.

На основании этого принимаем коэффициент пропорциональности  $\eta = t_n / \Sigma t_0$  за критерий технической возможности производства ремонтных работ.

Представленные выкладки после детальной проработки и экспериментальной апробации могут быть реализованы в практических рекомендациях по оценке технического состояния аэродромных покрытий.

Это позволит эксплуатационным службам получить вероятностные объемы работ по текущему ремонту, определить возможные сроки проведения капитального ремонта, состав и оснащение ремонтных бригад и заблаговременно спланировать необходимые денежные средства.

В совокупности повышается эффективность использования выделяемых денежных ассигнований на эксплуатационное содержание аэродромных покрытий.

**Ключевые слова:** теория надежности, долговечность, аэродромные покрытия, диагностика.

**Список литературы**

1. Попов А.Н., Шашков И.Г., Кочетков А.В. Математическое моделирование динамики изменения работоспособности жестких аэродромных покрытий // Строит. материалы. 2009. № 11. С. 69–73.
1. Виноградов А.П. Надежность и сертификация цементобетонных покрытий аэродромов. М.: Транспорт, 1994. 125 с.
3. Методика оценки эксплуатационной пригодности покрытий аэродромов ВВС. М.: МО РФ, 2007.



Российское научно-техническое общество строителей  
Ассоциация «Недра»  
Московский государственный горный университет

**XIV международная конференция  
«Технология, оборудование и сырьевая база  
горных предприятий промышленности  
строительных материалов»**

---

**8–10 сентября 2010 г. Москва**

**Тематика конференции**

- ◆ горная отрасль промышленности строительных материалов в период кризиса
- ◆ минеральные и альтернативные виды сырья для производства строительных материалов
- ◆ требования к качеству минеральной продукции
  - ◆ технология горных работ
- ◆ технология переработки минерального и техногенного сырья
  - ◆ экономика горных предприятий
  - ◆ охрана окружающей среды
  - ◆ новое оборудование и приборы

---

*Оргкомитет:*  
109004, Москва, Тетеринский пер., д. 12, стр.2  
Тел.: (495) 915-11-03, 915-75-93 факс: (495) 915-22-31  
e-mail: info@nedra2004.ru  
<http://www.nedra2004.ru>

**от 70 мм до 70 мкм в одну стадию, на одном агрегате**

**МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ТЕХПРИБОР», г. Щекино**

**ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ - 3 м<sup>3</sup>/ч  
ТОНКОСТЬ ПОМОЛА - D<sub>99</sub> < 70 мкм  
РАСХОД ЭНЕРГИИ < 20 кВт/т**

**ИНДУСТРИАЛЬНАЯ УДАРНО-ЦЕНТРОБЕЖНАЯ  
МЕЛЬНИЦА-КЛАССИФИКАТОР  
«ТРИБОКИНЕТИКА-1000»**



- ★ Производство минерального порошка
- ★ Получение наполнителей для сухих смесей
- ★ Производство тонкодисперсных минеральных добавок для бетона
- ★ Помол сырья для лаков, красок, резины, пластмассы
- ★ Измельчение металлосодержащих руд (обогащение)
- ★ Сверхтонкий помол цементного клинкера

МП «ТехПрибор», РФ, Тульская обл., г. Щекино, ул. Пирогова д. 43; Тел: 8 (905) 626-79-10, 626-93-07, 8 (903) 658-62-41; Факс: 8 (48751) 4-08-69; [www.tpribor.ru](http://www.tpribor.ru); e-mail: manager@tpribor.ru

Реклама

Г.И. НАДЫКТО, В.Д. ГАЛДИНА, кандидаты техн. наук,  
В.С. ПРОКОПЕЦ, д-р техн. наук, Сибирская государственная  
автомобильно-дорожная академия – СибАДИ (Омск)

## Структура и свойства асфальтовых вяжущих на основе минеральных порошков различной природы

Свойства асфальтобетона существенно зависят от структуры, адгезионно-когезионных и реологических свойств асфальтового вяжущего (асфальтовяжущего), ставшего предметом многих исследований, например [1–4].

В обычных асфальтобетонных смесях, состоящих из щебня, песка, минерального порошка и битума, каркасную основу составляют зерна щебня и песка, а промежуток между ними заполняют более мелкие частицы, в частности минеральный порошок. Чем плотнее структура минеральной части, тем выше показатели плотности, прочности и водостойкости асфальтобетона. При этом большое влияние на свойства асфальтобетона оказывает соотношение содержания битума и минерального порошка. Показано [1], что наилучшие свойства асфальтобетона соответствуют некоторому оптимальному соотношению содержания битума и минерального порошка.

Цель работы – изучение структурирующей способности минеральных порошков, полученных из сырья различной природы, а также взаимосвязи между структурой и свойствами асфальтовых вяжущих на основе анализа объемных соотношений компонентов.

За основу методики исследования приняты исходные предположения.

1. Асфальтовяжущее – бинарная дисперсная система, в которой твердой фазой является минеральный порошок, а средой – битум.

2. Битум в асфальтовяжущем может находиться в следующих состояниях:

– свободный битум, заполняющий межзерновое пространство фазы и находящийся вне зоны влияния физико-химических процессов на границе раздела фаза – среда;

– пленочный битум, представленный адсорбционно-сольватной пленкой с высокой степенью структурирования за счет физико-химических процессов на поверхности фазы.

3. Структура асфальтовяжущего является оптимальной, то есть обладает наилучшим комплексом свойств при такой концентрации минерального порошка, которая обеспечивает перевод битума в пленочное состояние.

При установлении взаимосвязи между структурой и свойствами асфальтовых вяжущих на основе анализа объемных соотношений компонентов использованы следующие формулы [2]:

$$V_{мп} + V_6 + V_o = 1; \quad (1)$$

$$V_6 = V_{6o} + V_{6п}, \quad (2)$$

$$V_{мп} = G_m^{аб} / G_{мп} (1 + Б/МП); \quad (3)$$

$$P_{мп} = 1 - V_{мп}, \quad (4)$$

где  $V_{мп}$ ,  $V_6$ ,  $V_o$ ,  $V_{6o}$ ,  $V_{6п}$  – объемное содержание соответственно минерального порошка, битума, остаточных

Таблица 1

Показатель	Минеральный порошок					
	активированный гурьевский	известняк		гранит		активированный алевроитовый
		неактивированный	активированный	неактивированный	активированный	
Зерновой состав, мас. %:						
мельче 1,25 мм	100	100	100	100	100	100
мельче 0,315 мм	98	100	100	100	100	100
мельче 0,071 мм	76,7	97,1	99,2	99,2	97,4	86,3
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	490	816	482	752	521	434
Пустотность, об. %	29,2	32,8	32,5	36	33,2	32,8
Битумоемкость, г/100 см <sup>3</sup>	32,8	60,5	55,4	66,9	54,7	57
Набухание, об. %	1,67	2,14	1,67	2,3	1,43	1,61
Коэффициент водостойкости	0,88	0,78	0,85	0,74	0,83	0,81



пор, объемного и пленочного битума, доля единицы объема;  $G_m^{аб}$  — фактическая средняя плотность асфальто- вяжущего при массовом соотношении битума и минерального порошка Б/МП, кг/м<sup>3</sup>;  $G_{мп}$  — истинная плотность минерального порошка, кг/м<sup>3</sup>;  $P_{мп}$  — пустотность минерального порошка в структуре асфальто- вяжущего при текущем значении Б/МП, доля единицы объема.

В результате эксперимента предполагалось проверить следующие рабочие гипотезы.

Абсолютный максимум (или минимум) значений показателей структуры и свойств асфальто- вяжущего находится в одном вертикальном створе, соответствующем образованию его оптимальной структуры (закон створа) [5].

Пустотность минерального порошка в уплотненном асфальто- вяжущем оптимальной структуры всегда ниже пустотности сухого минерального порошка при том же режиме уплотнения.

Остаточная пористость асфальто- вяжущего начинает формироваться при сближении зерен порошка до контакта через пленочный битум и при объеме свободного битума, недостаточном для заполнения межзернового пространства, то есть в момент образования оптимальной структуры асфальто- вяжущего.

Значение Б/МП для активированных минеральных порошков, соответствующее оптимальной структуре асфальто- вяжущего, должно сдвигаться в сторону уменьшения по сравнению с неактивированными порошками.

В результате физико- химической активации существенно усиливается структурообразующая роль минерального порошка в асфальтобетонах и улучшаются их структурно- механические свойства [6].

В эксперименте были использованы активированные минеральные порошки гурьевский и из алеврита, неактивированные и активированные минеральные порошки из известняковых и гранитных отсевов и битум марки БНД 60/90.

При получении активированного минерального порошка из известнякового отсева в качестве активирующей добавки использовали смесь вязкого дорожного битума с каменноугольной смолой. Минеральный порошок из гранитных отсевов активировали смесью вязкого дорожного битума с кубовыми остатками аминов. Активацию минерального порошка из алеврита проводили цементом и битумом (ТУ 5716-005-02068982-2002). Активирующую обработку проводили при совместном помоле сырьевых компонентов.

Свойства полученных минеральных порошков определяли по ГОСТ Р 52129, удельную поверхность — на приборе ПСХ-2. В табл. 1 представлены свойства минеральных порошков при оптимальном для каждого вида количестве активирующей добавки.

Сравнивая полученные данные с требованиями ГОСТ Р 52129 к активированному минеральному порошку марки МП-1, следует отметить повышенные пустотности известняковых, гранитных и алевритового порошков.

Для изучения структурирующей способности минеральных порошков проведены исследования асфальто- вяжущих при различном массовом соотношении битума и порошка Б/МП. Приготовление смесей порошков и битума и формовка образцов диаметром и высотой 25,2 мм произведены при температуре 140–150°C и уплотняющем давлении 40 МПа. Предел прочности при сжатии определяли при 20°C и скорости деформирования 3 мм/мин; средняя плотность определена гидростатическим взвешиванием образцов асфальто- вяжущего. При определении прочности при сжатии образцов ( $R_{20}$ ) и средней плотности были использованы стандартные методики (ГОСТ 12801). Все измерения и испытания выполнены на 3–5 параллельных образцах.

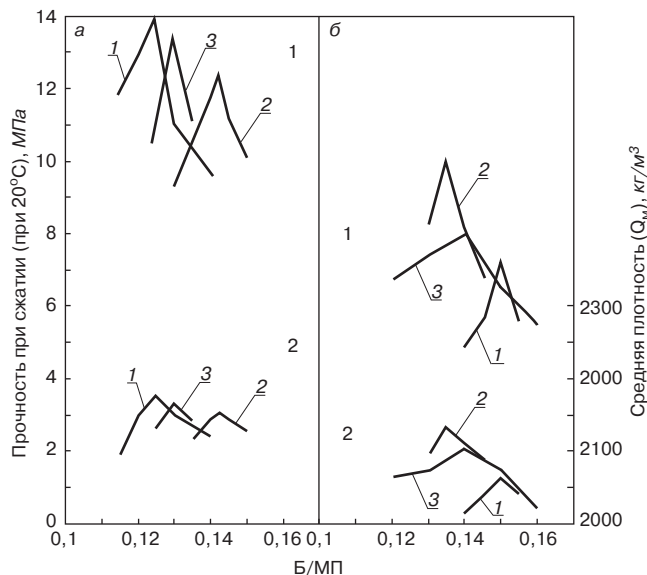


Рис. 1. Зависимость прочности (1) и средней плотности (2) асфальто- вяжущего от массового соотношения Б/МП для минеральных порошков из основных горных пород а: 1 – гурьевского; 2 – известнякового неактивированного; 3 – известнякового активированного и кислых горных пород; б: 1 – гранитного неактивированного; 2 – гранитного активированного; 3 – алевритового активированного

Обработку результатов эксперимента и их анализ выполняли по методике, приведенной в работе [2]. Анализ показателей, представленных на рис. 1 и 2, позволил выявить следующие закономерности.

1. Наибольшие прочность, плотность и наименьшая пустотность асфальто- вяжущего располагаются в одном створе, соответствующем оптимальному значению Б/МП, которое для всех исследованных активированных минеральных порошков оказалось в узких пределах 0,13–0,143.

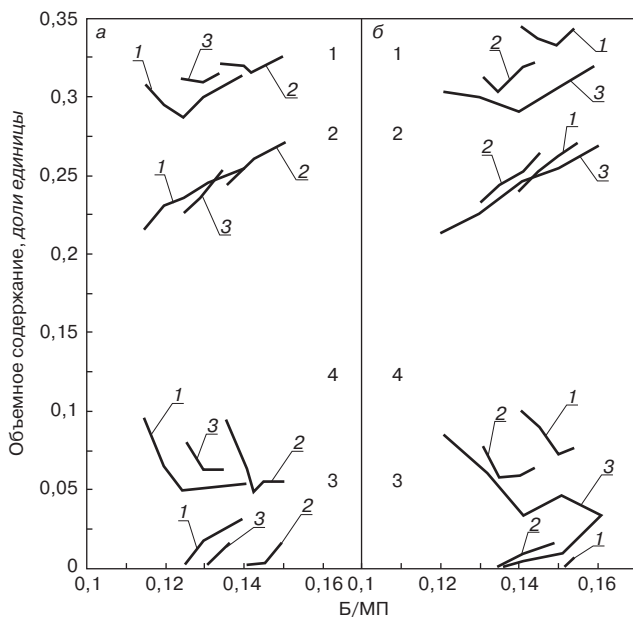


Рис. 2. Зависимость объемных содержаний компонентов и пустотности минеральных порошков от массового соотношения Б/МП из основных горных пород а: 1 – гурьевского; 2 – известнякового неактивированного; 3 – известнякового активированного и кислых горных пород; б: 1 – гранитного неактивированного; 2 – гранитного активированного; 3 – алевритового активированного; 1 – пустотность минерального порошка; 2 – битума; 3 – битума свободного; 4 – остаточных пор

Таблица 2

№ состава	Минеральный порошок	Содержание компонентов, мас. %		
		МП	Песок	БНД 90/130
1	Гурьевский активированный	21,6	73,4	5
2	Известняковый неактивированный	21,5	73,3	5,2
3	Известняковый активированный	21,7	73,2	5,1
4	Гранитный неактивированный	20,6	73,3	6,1
5	Гранитный активированный	21,2	73,3	5,5
6	Алевритовый неактивированный	20,5	72,6	6,9
7	Алевритовый активированный	21,1	73,1	5,8

Таблица 3

№ состава	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водонасыщение, %	Набухание, %	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре, °С			Коэффициент водостойкости	
				0	20	50	кратковременный	длительный
1	2338	3,78	0,14	8,75	4,32	1,85	1	0,82
2	2273	7,33	0,29	8,07	3,66	1,57	1	0,63
3	2345	3,77	0,2	9,18	4,26	1,65	1	0,75
4	2233	6,11	0,28	6,18	3,22	1,77	1	0,57
5	2267	5,27	0,02	6,75	3,73	1,8	1	0,71
6	2215	8,45	2,35	5,75	2,3	0,65	0,65	0,25
7	2243	5,76	0,61	7,5	3,5	1,25	1	0,82

2. Оптимальное значение Б/МП\* зависит от вида исходного сырья, увеличиваясь при повышении его пористости.

3. Отношение Б/МП асфальто вяжущих оптимальной структуры из активированных минеральных порошков во всех случаях меньше, прочность и средняя плотность асфальто вяжущих выше, а пустотность ниже, чем у асфальто вяжущих на неактивированных минеральных порошках.

4. Активированные минеральные порошки из известняка, гранита, и алеврита в асфальто вяжущих оптимальной структуры обладают достаточно высокой структурирующей способностью (прочность от 7,5 до 13,4 МПа).

5. Наибольший эффект дала активация гранитного минерального порошка. Существенно повысились прочность, средняя плотность асфальто вяжущих оптимальной структуры, снизились пустотности порошков и отношения Б/МП.

6. Пустотность минеральных порошков в оптимальной структуре асфальто вяжущих ниже пустотности уплотненных сухих порошков, что объясняется участием пленочного битума, проявляющего эффект смазки и способствующего более плотной упаковке зерен порошка при его уплотнении. Этот эффект подтверждается снижением пустотности уплотненных активированных порошков в сравнении с такими же неактивированными порошками (табл. 1 и рис. 2).

7. Асфальто вяжущие оптимальной структуры содержат максимальное количество объемов порошка и пленочного битума.

При Б/МП < Б/МП\* остаточная пористость интенсивно падает, на этом участке объемный битум отсут-

ствует, происходит формирование битумной пленки и одновременно повышается плотность упаковки зерен порошка. При Б/МП ≥ Б/МП\* остаточная пористость асфальто вяжущего обусловлена в основном наличием заземленного воздуха, доля которого снижается по мере роста объемного битума.

Для проверки поведения исследованных минеральных порошков в асфальтобетонах были определены свойства пористых песчаных асфальтобетонов. В асфальтобетонах использовали активированные и неактивированные минеральные порошки, песок природный с модулем крупности 2 и битум БНД 90/130. Составы асфальтобетонов (табл. 2) были рассчитаны по методике СИБАДИ [7, 8].

Показатели физико-механических свойств песчаных пористых асфальтобетонов представлены в табл. 3. Как следует из данных табл. 3, при меньшем оптимальном расходе битума асфальтобетона на активированных минеральных порошках обладают более высокой плотностью, прочностью и водостойкостью. Асфальтобетона на минеральных порошках из алеврита имеют более низкие показатели прочности, что хорошо согласуется с исследованиями свойств этих порошков в асфальто вяжущих. Это показывает, что по структурно-механическим показателям свойств асфальто вяжущего можно с большой долей вероятности судить о некоторых свойствах асфальтобетона, полученного с их применением.

Влияние активированных минеральных порошков на свойства асфальтобетонов проявляется в упрочнении структурированной дисперсной системы битум – мине-

ральный порошок, что способствует повышению плотности, прочности и водостойкости асфальтобетонов. Таким образом, применение активированных минеральных порошков существенно улучшает важнейшие эксплуатационные свойства асфальтобетона, определяющие его долговечность.

**Ключевые слова:** асфальтовое вяжущее, минеральный порошок, структурно-механические свойства.

**Список литературы**

1. Рыбьев И.А. Асфальтовые бетоны. М.: Высшая школа. 1969. 399 с.
2. Соколов Ю.В., Надыкто Г.И. Структура и свойства асфальтовяжущего // Применение цементных и асфальтовых бетонов в Сибири: Межвуз. сб. науч. тр. Омск: СибАДИ, 1982. С. 100–107.
3. Руденский А.В., Шумчик А.Л. Прочностные свойства асфальтовых вяжущих // Строит. материалы. 2008. № 6. С. 61–64.
4. Железко Т.В., Железко Е.П. Структура и свойства асфальтовяжущих / Изв. вузов. Строительство, 1997. № 3. С. 35–42.
5. Рыбьев И.А. Научные и практические аспекты закона створа // Строит. материалы. 1981. № 6. С. 23.
6. Дорожный асфальтобетон / Под ред. Л.Б. Гезенцева. М.: Транспорт, 1985. 350 с.
7. Соколов Ю.В. Расчет и оптимизация состава дорожного асфальтобетона. Омск: СибАДИ, 1989. 36 с.
8. Надыкто Г.И. Уточнение методик проектирования состава песчаных асфальтобетонов // Исследование цементных и асфальтовых бетонов: Межвуз. сб. науч. тр. Омск: ОмПИ, 1984. С. 43–46.

**информация**

# Всероссийский научно-практический семинар «Применение перспективных технических решений при строительстве автомобильных дорог»

Академия транспорта Российской Федерации, ФГУП «Российский дорожный научно-исследовательский институт «РОСДОРНИИ» при участии ООО «ФОРТЕК» и ООО «ЕВРОДОР» провели 17–19 марта 2010 г. в г. Саратове Всероссийский научно-практический семинар «Применение перспективных технических решений при строительстве автомобильных дорог».

Семинар проводился в рамках мероприятий, посвященных празднованию 75-летия видного российского ученого, доктора технических наук, профессора, академика Академии архитектуры и строительных наук РФ, члена Президиума Академии транспорта РФ, ректора Саратовского государственного технического университета (1989–1998 гг.) В.В. Петрова.

Руководители семинара д-ра техн. наук, профессора, академика транспорта А.В. Кочетков (заведующий отделом ФГУП «РОСДОРНИИ») и И.Г. Овчинников (СГТУ). Информационную поддержку мероприятия проводили журналы «Красная линия. Дороги» и «Строительные материалы».

Участники конференции: эксперты государственной экспертизы, поставщики программных продуктов для проектирования, строительства, ремонта и диагностики автомобильных дорог, руководители подрядных организаций, руководители предприятий по выпуску геосинтетических материалов, оборудования и материалов дорожной разметки, главные инженеры проектов проектных организаций, научные работники, сотрудники вузов, студенты СГТУ.

Обсуждаемые вопросы: разработка технических регламентов, ГОСТов, стандартов организаций и методы гармонизации старой и новой систем технического регулирования; база данных применения прогрессивных технологий дорожного хозяйства; лучшие инновации дорожного хозяйства; применение геосинтетических материалов и геоимплантов при строительстве автомобильных дорог и мостовых сооружений; десятилетний опыт бездефектной эксплуатации моста через реку Волгу в составе внеклассного мостового сооружения у с. Пристанное в Саратовской области, ремонт и содержание автомобильных дорог.

В докладе **А.В. Кочеткова** (ФГУП «РОСДОРНИИ», Москва), было рассказано о базе данных перспективных технических решений дорожного хозяй-

ства, созданной по заданию Федерального дорожного агентства.

**В.В. Столяров** («Строительство дорог и организация движения», СГТУ) сделал пленарный доклад о методах сравнительной оценки проектных решений на основе принципов технического регулирования, изложенных в новой редакции ФЗ «О техническом регулировании» 2009 г.

**Н.Е. Кокоева**, канд. техн. наук, доцент СГТУ, рассказала о результатах деятельности научной школы по применению теории риска в дорожном хозяйстве, созданной В.В. Столяровым, а также о методах проектирования дорожных одежд с учетом влажности на основе оценки степени риска.

В дискуссии обсуждалось, что идея изменения принципов технического регулирования заключается в отходе от преобладающего удовлетворения потребностей собственников объектов и сооружений (дорог, мостов, объектов дорожной инфраструктуры и средств наружной рекламы) через применение аппарата теории надежности с учетом возможности взаимной компенсации влияющих факторов (при нормировании интегральных показателей — сроков службы) к более полному удовлетворению потребностей их пользователей

(водителей, пешеходов, грузоперевозчиков) через применение аппарата теории риска, а также регулирование и нормирование по независимым факторам-опасностям.

**Г.В. Величко**, канд. техн. наук, главный конструктор СП «КРЕДО-ДИАЛОГ» (Минск, Республика Беларусь), рассказал о новых методах трассирования автомобильных дорог с новыми системными свойствами саморегулирования и самопояснения. Участниками семинара было предложено разработать проект технического регламента по обеспечению безопасности автомобильных дорог на основе новых методов трассирования.

**И.Г. Овчинников**, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой «Мосты и транспортные сооружения» СГТУ, рассказал о научном сопровождении при внедрении инноваций в дорожном и мостовом строительстве, о системе постоянно действующих выездных семинаров, проводимых Поволжским отделением Академии транспорта РФ.

Доклад **Н.Н. Беляева**, сотрудника ОАО «Институт «Стройпроект», канд. техн. наук, доцента кафедры «Автомобильные дороги» СПбАСУ, на тему «Опыт применения инноваций на мостовых объектах ОАО «Институт «Стройпроект» представил по его просьбе И.Г. Овчинников.

**Г.К. Мухамеджанов**, канд. техн. наук, руководитель испытательной лаборатории ОАО «НИИ нетканых материалов» (г. Серпухов), рассказал о российском рынке геотехнических материалов и изделий, состоянии нормативно-технического обеспечения.

**Ю.Э. Васильев**, канд. техн. наук, доцент МАДИ (ГТУ), руководитель органа по сертификации системы «Дорстройсертификация», рассказал о проблемах внедрения инноваций на дорожно-мостовых объектах Москвы, в частности о новом отраслевом дорожном проекте по применению серосодержащих асфальтобетонных смесей, который проводится по инициативе руководства страны, а также о создании кольцевого дорожного испытательного стенда.

**В.И. Кононович**, эксперт ФГУ «Главгосэкспертиза России», сделал в своем выступлении анализ практики государственной экспертизы применения инноваций в дорожно-мостовых проектах, в частности о типовых ошибках при применении геосинтетических материалов.

**А.Л. Земляк**, генеральный директор ООО «ЕВРО-ДОР» (Санкт-Петербург), провел презентацию каталога геосинтетических материалов, производимых в РФ, дал анализ нового рынка услуг в области геотехники, который представлен как конструирование и дизайн геоимплантов, рассказал о создании инжинирингово-сбытовой сети геосинтетических материалов и изделий на территории России.

**М.В. Вьюгов**, директор ООО «ФОРТЕК», сделал доклад на тему «Повышение эффективности эксплуатации грунтовых и дорожных конструкций с примене-

нием арматуры геотехнической». Участники семинара отметили высокий уровень разработки сайта ООО «ФОРТЕК», в течение последнего времени он является лидером по числу посещений по тематике геотехнических материалов и изделий.

В докладе **А. Чернышкова**, менеджера ООО «Зиракс» (Волгоград), отмечалось, что при зимнем содержании автомобильных дорог при использовании противогололедных материалов на основе безводного хлористого кальция протекает экзотермическая реакция, в результате которой выделяется тепло (20 калорий на гранулу), в связи с этим они работают быстрее и эффективнее, чем другие аналоги. Они выполняют задачу быстрее пройти через снежно-ледяное отложение и разрушить связь между ним и поверхностью дорожного покрытия. Фактически создан материал, совмещающий транспортную функцию (доставка гранулы) с технологической (расплавление и разрушение снежно-ледяного отложения).

**М.А. Бушуев**, представитель ОАО «Волжский завод асбестовых технических изделий» (г. Волжский Волгоградской обл.) рассказал о действующей на предприятии собственной линии по производству армирующих геосинтетических материалов. Широкий ассортимент геотканей и геосеток (георешеток), не уступающих по качеству западно-европейским аналогам, применяется в строительстве и при ремонте дорожных и мостовых конструкций, армогрунтовых работах. В производстве геосеток применяется немецкая пропитка, обеспечивающая отличную адгезию к битумосодержащим материалам и стойкость к вредным факторам рабочей среды.

**А.Н. Маринин**, канд. техн. наук, доцент Волгоградского ГАСУ и Сочинского филиала МАДИ, доложил о мостовых инновациях, представленных на разрабатываемом им мостовом сайте.

**А.В. Иванов**, ведущий специалист ООО «РАД» (Санкт-Петербург), в своем выступлении обобщил опыт применения малозумных шероховатых дорожных покрытий на основе технологии «Сларри-Сил» и нового продукта организации – холодных ремонтных асфальтобетонных смесей.

В выступлении представителя компании «Текстима» было рассказано о деятельности фирм «Карл Майер Текстильмашиненфабрик ГМБХ» и «Карл Менцель Машиненфабрик ГМБХ и К<sup>о</sup>» по выпуску оборудования и производству геотекстильных материалов.

В дискуссии выступили представители компании «Технониколь» (Самара); канд. техн. наук, эксперт Академии транспорта РФ **В.Н. Макаров**; главный инженер проекта ОАО «М-Дорсервис» **М.В. Степанов** (Москва); канд. техн. наук, ведущий специалист ООО «Волга-Стандарт-Д» **С.П. Аржанухина**; представители проектных организаций.

19 марта под руководством канд. техн. наук, эксперта Академии транспорта РФ **В.Н. Макарова** и руководителя дорожного хозяйства г. Энгельса **Р.М. Шевченко** состоялась производственная экскурсия по дорожной сети Саратова и г. Энгельса на мостовой переход через Волгу и объездную дорогу.

На кафедрах «Строительство дорог и безопасность движения» и «Мосты и транспортные сооружения» Саратовского государственного технического университета прошли мастер-классы **Г.В. Величко**, **А.Л. Земляка**, **Г.К. Мухамеджанова**, проведены консультации для студентов, преподавателей и представителей подрядных организаций.

Состоялось посещение ООО ПФ «Волга-Стандарт-Д», а также ООО «ФОРТЕК».

**А.В. Кочетков, д-р техн. наук**

**ПОДПИСКА  
НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ  
журнала «Строительные материалы»®**



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

И.В. БЕССОНОВ, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, А.В. СТАРОСТИН, старший инженер, НИИСФ РААСН; В.М. ОСЬКИН, технический специалист, компания ISOVER (Москва)

## Эксплуатационная пригодность минераловатной теплоизоляции на основе стекловолокна

Эксплуатационная пригодность минераловатной теплоизоляции исследована недостаточно полно, при этом имеющиеся данные чаще относятся к низкокачественным материалам, производимым по технологиям начала и середины прошлого века на устаревшем оборудовании [1–4].

Эксплуатационная пригодность — свойство конструкции или ее элемента непрерывно сохранять требуемые показатели эксплуатационного качества в течение планируемого срока службы при определенных условиях эксплуатации. Условия эксплуатации теплоизоляционного слоя, регламентированные в СНиП 23-02–2003, должны обеспечиваться надлежащим образом спроектированной и выполненной строительной конструкцией [5].

В данной статье обобщены результаты работ по изучению влияния циклических температурно-влажностных воздействий на эксплуатационные характеристики минераловатных теплоизоляционных плит, а также стойкости фенолформальдегидного связующего к термоокислительной деструкции. Испытания были проведены по инициативе группы «Сен-Гобен», для их проведения выбраны минераловатные плиты на основе стекловолокна ISOVER KL 34 плотностью 19 кг/м<sup>3</sup> и ISOVER KT 37.

Другие аспекты долговечности минераловатных теплоизоляционных плит ISOVER, такие как способность к надежной технической фиксации, формостабильность, эмиссия волокон, сорбция влаги и влияние на этот показатель химической природы минерального волокна, полимерного связующего, гидрофобизирующих добавок и др., будут рассмотрены в следующих публикациях.

В НИИ строительной физики были проведены исследования влияния циклических знакопеременных температур на свойства стекловолокнистых теплоизоляционных плит ISOVER KL 34.

Образцы теплоизоляции ISOVER изучались при следующих условиях:

- сухие (в состоянии естественной влажности);
- после увлажнения до влажности 5 мас. %;
- после увлажнения до влажности 10 мас. %;
- после испытания на водопоглощение при частичном погружении в течение 24 ч;
- после испытания на водопоглощение при частичном погружении в 1% раствор NaOH в течение 24 ч;
- после испытания на водопоглощение при частичном погружении в цементное молочко в течение 24 ч.

Циклические воздействия проводились в климатической камере КТК 3000 ILKA. Цикл состоял из замораживания при -40°C в течение 3 ч и оттаивания при 20°C в течение 3 ч. Периодическая оценка проводилась через 50, 100 и 136 циклов. Контролируемые параметры: теплопроводность по ГОСТ 7076, сжимаемость и упругость по ГОСТ 17177. Оценивалось изменение контролируемых параметров по отношению к образцам, не подвергаемым воздействию периодического замораживания-оттаивания. Следует заметить, что в процессе проведения

испытаний предварительно увлажненные образцы, выдерживавшиеся как в щелочном растворе, так и в водных составляющих цемента, высыхали и достигали к 100-му циклу состояния естественной влажности.

Результаты проведенных испытаний обобщены в табл. 1.

Как видно из приведенных данных, после циклического замораживания-оттаивания образцов физико-механические показатели стекловолокнистых теплоизоляционных плит практически не изменились. Показатель сжимаемости плит ISOVER KL 34 остался на первоначальном уровне, отмечено некоторое снижение упругости на 3–5% по сравнению с исходным показателем.

Увеличение коэффициента теплопроводности наблюдается только для увлажненных образцов. После высыхания до естественной влажности этот показатель восстанавливается до исходного уровня. Циклическое замораживание-оттаивание теплоизоляционных плит ISOVER (сухих, увлажненных до 5 и 10 мас. %, после водопоглощения в течение 24 ч, в том числе в растворе щелочи и в цементном молочке) не оказывает никакого влияния на теплопроводность плит ISOVER после высыхания до состояния естественной влажности.

О чем свидетельствуют эти результаты? Во-первых, в волокнах малой толщины (средний диаметр около 3 мкм) при деформации из-за расширения замерзшей влаги не развиваются критические напряжения, выше которых возможно разрушение волокон, как это происходит с более толстыми волокнами [2]. Во-вторых, длина волокон (до 250 мм) такова, что при их механическом переплетении формируется новая пространственная сетка в дополнение к той, которая образуется при склеивании волокон с помощью связующего.

Наличие таких лабильных пространственных связей придает макроструктуре утеплителя свойство тиксотропии, обеспечивающей, с одной стороны, дополнительную механическую прочность стекловолокнистым изделиям, а с другой — релаксацию напряжений в материале, вызванных эксплуатационными воздействиями.

Таким образом, приведенные выше результаты эксперимента позволяют констатировать, что минераловатная теплоизоляция на основе стекловолокна ISOVER не подвержена возможному накоплению дефектов, которые, как отмечено в работах [2, 3], могут приводить к ухудшению эксплуатационных характеристик.

В ходе исследований была оценена динамика увлажнения при частичном погружении в воду при 20°C и скорости высыхания образцов стекловолокнистых плит ISOVER при температуре -4, 20 и 50°C.

Исследования водопоглощения стекловолокнистых изделий показали, что при частичном погружении в воду увлажняются слои на уровне зеркала воды; в слои выше уровня воды влага практически не перемещается. Этот факт свидетельствует об отсутствии капилляров в стекловолокнистых плитах низкой плотности, способствующих проникновению влаги в глубину материала.

Результаты определения коэффициента теплопроводности, сжимаемости и упругости образцов теплоизоляционных плит ISOVER KL 34

Образец		Коэффициент теплопроводности $\lambda_{20}$ , Вт/(м·К)	Сжимаемость Сж, %	Упругость У, %
Количество циклов воздействия	Примечание			
Контрольный				
0		0,036	43,1	99,5
50			44,32	97,9
100		0,036		
136		0,036	44,8	93,27
Увлажненный до 5 мас. %				
0	Влажность 5%	0,043		
100	Образец высох	0,037		
136	Образец высох	0,036		
Увлажненный до 10 мас. %				
0	Влажность 10%	0,05		
100	Образец высох	0,037		
136	Образец высох	0,037	46,41	94,95
Водопоглощение в течение 24 ч				
100	Образец высох	0,037		
136	Образец высох	0,037	43,41	93,79
Водопоглощение в течение 24 ч в щелочном растворе				
0	Контрольный после высыхания	0,036	44,16	97,92
100	Образец высох	0,036	43,12	97,4
136	Образец высох	0,035		
Водопоглощение в течение 24 ч в водных составляющих цемента				
0	Контрольный после высыхания	0,036	42,45	95,41
50			44,09	94,83
100	Образец высох	0,037	43,63	95,18
136	Образец высох	0,037		

За первые 15 мин частичного погружения образец набирает около 90% воды по массе, за 24 ч – около 700 мас. %.

Высыхание образцов происходило достаточно интенсивно как при повышенной (50°C), так и при комнатной температуре. Образцы, увлажняемые 24 ч, восстанавливали свою массу за 3 сут.

Отмечено, что высыхание образцов также происходило и при отрицательной температуре (-4°C). Образцы, увлажненные до 90%, высыхали за 2 сут; увлажненные до 160% – на 4-е сут; до 220% – на 5-е сут; до 700% – на 21-е сут.

Из приведенных выше результатов следует, что при местном переувлажнении стекловолокнистых теплоизоляционных изделий не происходит переноса влаги в другие, неувлажненные слои теплоизоляции. А намокшие теплоизоляционные плиты ISOVER быстро высыхают даже при низкой температуре и полностью восстанавливают первоначальные значения теплофизических и физико-механических характеристик.

Влияние щелочной среды на микроструктуру стеклянного волокна оценивали по микрофотографиям его образцов. Волокна подвергались циклическому воздействию температур после увлажнения, обработки раствором щелочи и цементным молочком и сравнивались с исходным волокном. На рис. 1–5 приведены микрофотографии воло-

на до и после циклических температурных воздействий, увлажнения водой и обработки в агрессивных средах.

При анализе микрофотографий образцов стекловолокнистых плит, прошедших циклические температурные воздействия, в том числе обработку раствором щелочи и водными составляющими цемента, видимых изменений морфологии волокна не обнаружено. Отмечена кристаллизация цементного камня на поверхности волокна, обработанного водными составляющими цемента.

Другой аспект долговечности минераловатной теплоизоляции на основе стекловолкна – старение полимерного связующего и влияние этого процесса на свойства теплоизоляционных изделий.

В качестве полимерного связующего для минераловатных теплоизоляционных изделий применяются фенолформальдегидные смолы. Помимо них в состав стекловолокнистых теплоизоляционных изделий ISOVER в качестве вспомогательных технологических и целевых добавок входят сульфат аммония, аммиачная вода, масляная эмульсия, карбамид, силан.

Как было показано, стекловолокнистые материалы устойчивы при умеренных температурах. Поэтому для оценки их термоокислительной стабильности были выбраны повышенные температуры. Эти исследования проводили в следующих условиях:

Таблица 2

Результаты испытаний термоокислительной стабильности образцов ISOVER KL 34 и KT 37

t, °C	Время, ч	Потеря массы, %		Цвет	Изменение высоты, %	Сжимаемость, %		Упругость, %	
		KT 37	KL 34			KT 37	KL 34	KT 37	KL 34
Исходная	0	0	0	Светло-желтый	–	34,9	35,4	96	90,5
50	330	0	0	Светло-желтый	Нет	34,9	35,4	96	95
50	660	0	0	Светло-желтый	Нет	34,9	35,4	96	95
50	1000	0,01	0,00	Светло-желтый	Нет	34,8	35,3	95,9	95
100	330	0,02	0,01	Темно-желтый	Нет	34,8	34,5	95,9	95
100	660	0,035	0,015	Светло-коричневый	Нет	34,7	33,2	95,7	95
100	1000	0,045	0,021	Светло-коричневый	Нет	34,5	31	95,6	94,5
160	330	0,8	0,4	Светло-коричневый	Нет	32,8	30,5	93,2	93,8
160	660	1,4	0,8	Темно-коричневый	Нет	31,5	30	91,1	92
160	1000	2,5	1,2	Бурый	Нет	30,4	29,5	89,6	89

- выдерживание образцов в термокамере с температурой 50, 100 и 160°C при свободном доступе воздуха;
- выдерживание измельченных образцов в стеклянных ампулах при температуре 100 и 160°C в контакте с газовой средой ампулы;
- термогравиметрический анализ образцов в диапазоне температуры 20–700°C при постоянной скорости нагрева в воздухе.

Образцы стекловолоконных плит ISOVER KL 34 и KT 37 выдерживали при указанных выше температурах в течение 330, 660 и 1000 ч. После этого их извлекали для визуального осмотра и испытания свойств: оценивали изменение цвета, потерю массы, изменение геометрических размеров, сжимаемость и упругость. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Как видно из приведенных данных, в процессе термоокислительного старения в течение продолжительного времени (более 40 сут) существенно изменился только цвет образцов, незначительно уменьшилась их масса, геометрические параметры остались прежними. Заметные изменения сжимаемости и упругости образцов наблюдались только при самых жестких условиях испытаний: при температуре 160°C и 1000 ч выдержки.

Исходя из химического строения образца можно сделать вывод, что перемена цвета обусловлена в основном двумя процессами – дополнительной конденсацией свободных функциональных групп фенолформальдегидной смолы и одновременно ее частичной деструкцией.

Эти же процессы лежат в основе потери массы при жестких условиях испытаний. Причем существенную роль здесь играет испарение свободного фенола. На кривых ДТГА наблюдаются эндотермические пики при температуре около 190°C для ISOVER KL 34 и 173,4°C для ISOVER KL 34, которые, по-видимому, связаны с

испарением фенола (181,7°C). Разброс температур может быть обусловлен сложностью изучаемой системы. Зависимость потери массы от температуры для обоих испытанных материалов имеет сходный характер. Однако предельные потери массы для каждого из них различаются: у ISOVER KL 34 она уменьшается на 12,64%; у ISOVER KL 34 – на 7,12%.

Для более детального исследования деструктивных процессов была проведена серия опытов по термоокислению измельченных образцов теплоизоляции. Они выдерживались в запаянных стеклянных ампулах при температурах 100 и 160°C.

После извлечения образцов из термокамеры ампулы охлаждались до комнатной температуры и выдерживались сутки до релаксации всех физических и химических процессов. Затем ампулы вскрывались, измерялся объем выделившегося газа и анализировался его состав.

Важным результатом этого исследования стало крайне низкое поглощение кислорода в процессе термоокислительного старения даже в самых жестких условиях (табл. 3).

Если бы процессы окисления протекали энергично, то кислород, составляющий значительную часть газовой среды в ампуле, расходовался бы более интенсивно. При 100°C, судя по составу газовой среды, окисления вообще не происходило. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в данных условиях испытаний полимерное связующее проявляет высокую устойчивость к термоокислению. Действительно, деструкция полимера активно происходит только при температуре выше 250°C.

Таким образом, приведенные выше результаты работ, выполненных двумя независимыми институтами, позволяют сделать следующие выводы относительно стабильности функциональных свойств минеральной ваты на основе стекловолокна ISOVER.

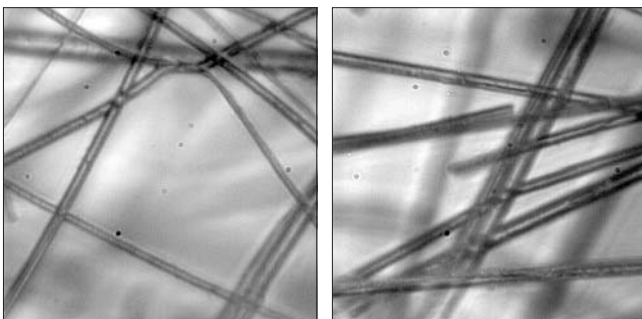


Рис. 1. Состояние волокна, не подвергавшегося циклическим воздействиям и воздействию агрессивных сред

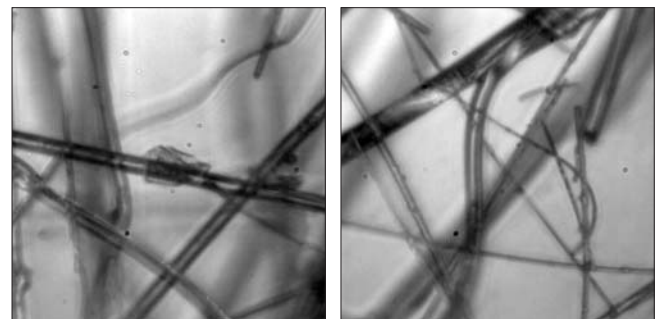


Рис. 2. Состояние волокна после 130 циклов знакопеременного температурного воздействия при естественной влажности без обработки агрессивными реагентами

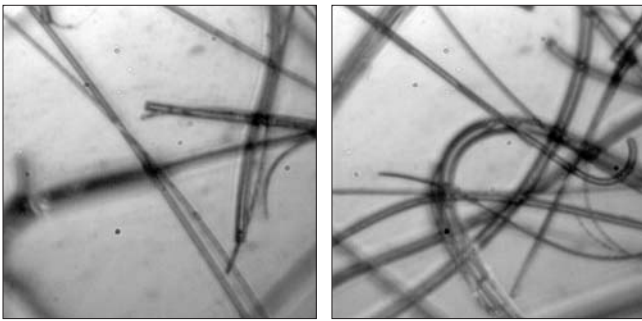


Рис. 3. Состояние волокна, предварительно увлажненного до 10 мас. %, после 130 циклов знакопеременного температурного воздействия

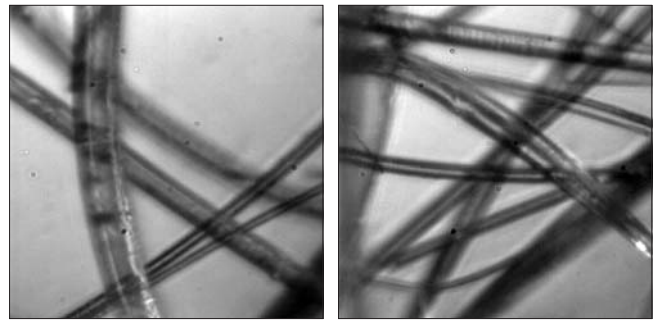


Рис. 4. Состояние волокна, обработанного 1% раствором NaOH, после 130 циклов знакопеременного температурного воздействия

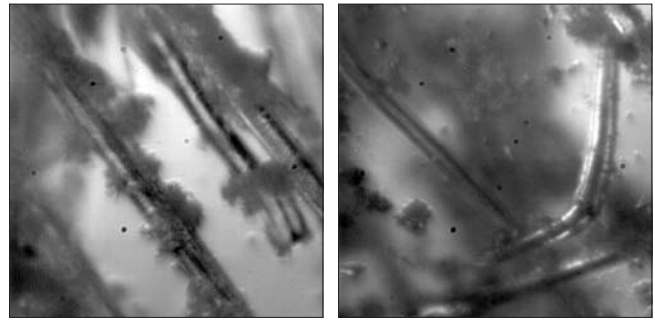


Рис. 5. Состояние волокна, обработанного свежеприготовленным цементным молочком, после 130 циклов знакопеременного температурного воздействия. Центрами кристаллизации цементного камня являются микродефекты на поверхности волокна. Как это повлияет на состояние волокна в процессе эксплуатации, вопрос дальнейших исследований

Таблица 3

Состав газовой смеси в ампуле после старения в течение 720 ч при 100 и 160°C

Соединение	Исходный воздух, %	После опыта, %	
		160°C	100°C
N <sub>2</sub>	77,6	76	77,4
O <sub>2</sub>	22,4	20,5	22,5
CO	–	2	–
CO <sub>2</sub>	следы	1	следы
Общий объем выделившегося газа, мл	–	10	–

1. Теплоизоляционные изделия ISOVER обладают высокой устойчивостью к циклическому замораживанию-оттаиванию при различной степени увлажнения образцов, в том числе при обработке раствором щелочи и водными составляющими цемента; в процессе этих воздействий физико-механические и теплофизические характеристики волокон практически не меняются.

2. Теплопроводность теплоизоляционных изделий ISOVER увеличивается при увлажнении образцов и полностью восстанавливается до исходного уровня после высыхания.

3. Увлажнение образцов теплоизоляционных изделий ISOVER при частичном погружении происходит только до уровня зеркала воды, в вышележащие слои утеплителя влага не перемещается.

4. Теплоизоляционные изделия ISOVER обладают отличной способностью к быстрому восстановлению благоприятного влажностного режима после возможного переувлажнения, при этом сохраняются исходные значения теплофизических и физико-механических характеристик.

5. Микроструктура стекловолокна ISOVER устойчива к воздействию агрессивных сред в условиях, приближенных к реальным условиям эксплуатации теплоизоляционных изделий.

6. Полимерное связующее стекловолоконистых теплоизоляционных изделий ISOVER обладает высокой стойкостью к термоокислительному старению при температуре реальных условий эксплуатации; термоокислительная деструкция проявляется при температуре выше 160°C и начинается активно протекать лишь при температуре выше 250°C.

Прогноз срока службы изученных образцов теплоизоляционных изделий был сделан на базе методики, обоснованной в работе [3]. В соответствии с ней теплоизоляционные изделия ISOVER при благоприятном влажностном режиме обладают эксплуатационным ресурсом не менее 50 условных лет в климатических условиях Российской Федерации.

Представленный анализ эксплуатационной пригодности стекловолоконистой теплоизоляции получен на основе лабораторных экспериментальных определений. Эти данные целесообразно подтвердить натурными исследованиями конструкций, прослуживших длительный срок.

**Ключевые слова:** минераловатная теплоизоляция, фенолформальдегидное связующее, термоокислительная деструкция, стекловолокно.

Список литературы

1. Гликин С.М. Эффективные теплоизоляционные материалы и их долговечность // Сб. докладов конференции Эффективные тепло- и звукоизоляционные материалы в современном строительстве и ЖКХ. Москва, 2006. С. 143–150.
2. Бобров Ю.А. Долговечность теплоизоляционных минераловатных материалов. М.: Стройиздат, 1987. 168 с.
3. Бессонов И.В., Хлевчук В.Р., Румянцева И.А., Сигаев Н.П., Заволока М.В., Пимкин Н.Е., Курилюк И.С. К вопросу стойкости пенопластов и волоконистых утеплителей в ограждающих конструкциях зданий // Сб. докладов научно-практической конференции Проблемы строительной теплофизики, систем обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях. Академические чтения, посвященные памяти В.Н. Богословского. 26–28 апреля 2001 г. Москва. С. 255–261.
4. Бобров Ю.Л., Петухова Е.Ю. О современных проблемах долговечности волоконистых теплоизоляционных материалов в строительных конструкциях // Сб. докладов международной научно-практической конференции Эффективные тепло- и звукоизоляционные материалы в современном строительстве и ЖКХ. Москва, 2006. С. 50–66.
5. Нелидов А.Ю. Защита минваты. Ограничение факторов, разрушающих утеплитель // Технологии строительства. 2007. № 2. С. 1–2.



УДК 629.4.042.5

Я.И. ЗЕЛЬМАНОВИЧ, канд. хим. наук, директор,  
В.Д. МОГИЛЕВСКИЙ, ведущий специалист, НТЦ «Гидрол-Кровля» (Москва)

## Полифункциональный рулонный материал: дренаж, гидро-, тепло-, звукоизоляция «в одном флаконе»

В условиях экономического кризиса задача снижения себестоимости строительства диктует необходимость совершенствования традиционных высокозатратных технологий изоляции зданий и сооружений.

Используемые в настоящее время технологии подразумевают *поэтапное* (пошаговое) выполнение изоляции строительных конструкций путем последовательного их изолирования от каждого отдельного фактора воздействия окружающей среды. Например, в случае кровель последовательно устраивают слои паро-, тепло-, гидроизоляции, а также защитные слои, применяя при этом, как правило, соответствующие специализированные паро-, тепло- и гидроизоляционные материалы.

На взгляд авторов, в настоящее время появилась настоятельная потребность в *комплексном решении* всех или по крайней мере большинства проблем изоляции путем создания и использования изоляционных материалов *многофункционального* назначения.

В качестве одного из возможных видов такого полифункционального материала специалистами Научно-технического центра «Гидрол-Кровля» предложено семейство рулонных многослойных битуминозных (битумно-полимерных и битумных) основных гидро-, тепло-, звукоизоляционных материалов с защитными и при необходимости дренирующими функциями. Предлагаемое семейство материалов под названием Днепротекс включает (рис. 1):

- лицевой слой из нетканого геотекстильного иглопробивного или термоскрепленного полотна плотностью 420–750 г/м<sup>2</sup> из полиэфирных или полипропиленовых волокон;
- склеивающий битуминозный (битумный или SBS-модифицированный битумно-полимерный) слой;

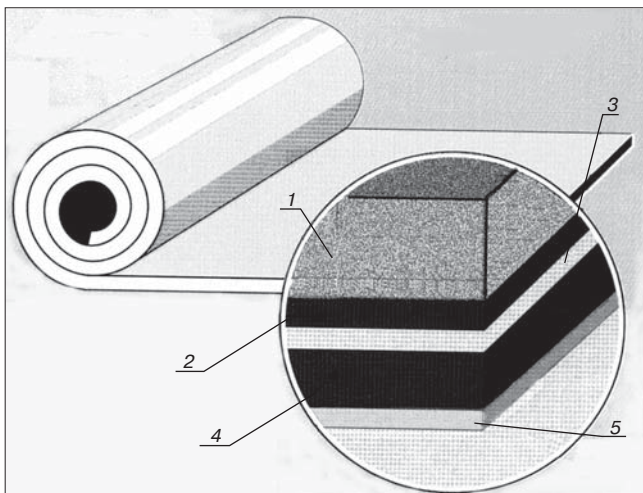


Рис. 1. Пример структуры полифункционального материала семейства Днепротекс, состоящей из слоев: 1 – лицевого; 2 – склеивающего битуминозного; 3 – опорного; 4 – гидроизоляционного битуминозного; 5 – защитного

- пропитанный вяжущим опорный слой из нетканого полиэфирного полотна или стеклоткани (основа);
- гидроизоляционный битуминозный (битумный или SBS-модифицированный битумно-полимерный) слой;
- защитный слой из тонкого полиэфирного полотна, стеклохолста или полимерной пленки.

Материал Днепротекс может крепиться к изолируемому основанию способом наплавления с помощью пламенных горелок, механическим способом или приклеиваться на мастику.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации состав и свойства каждого слоя могут варьироваться.

**Изоляция эстакадных линий метрополитенов и железнодорожных и автомобильных мостов.** Многофункциональные системы Днепротекс могут использоваться в массовом и специальном строительстве взамен традиционных многослойных конструкций. В 2004 г. в Москве впервые в отечественной практике была сооружена открытая эстакадная (легкая) Бутовская линия метрополитена на щебеночном основании, которая связывает Северное Бутово и другие отдаленные районы новостроек с центром города. Известно, что движение поездов вызывает колебания конструкций, которые через почву могут передаваться в прилегающие здания. Возбуждающиеся при этом в элементах зданий и находящихся в них предметах колебания могут приводить к возникновению слышимого вторичного шума и вызывать сильное отрицательное влияние на людей в зоне его действия.

Бутовскую линию возводили в условиях сложившейся городской застройки в непосредственной близости от многочисленных зданий и сооружений, в том числе жилых. Предварительные расчеты показали, что при использовании традиционных технических решений, например при устройстве традиционной гидроизоляции железобетонного «корыта» с цементно-песчаной защитой от механических повреждений щебнем, уровень шума, возникающий в соседних жилых зданиях, будет существенно превышать санитарные нормы.

Следовательно, при проектировании и сооружении эстакадной линии возникла необходимость обеспечить одновременное решение нескольких задач по изоляции строительных конструкций и защите окружающей среды, в том числе: гидроизоляцию железобетонных несущих конструкций («корыта»), защиту изоляционного покрытия от механических повреждений щебнем, дренаж попадающих на верхнее строение пути осадков, максимально возможное снижения уровня излучаемого корпусного (структурного) шума.

Комплексно решить указанные задачи позволило использование рулонного материала серии Днепротекс. В этом случае склеивающий и гидроизоляционный слой материала представляют собой инвертированные высоконаполненные коллоидные растворы SBS-битум, в которых матрицей (дисперсионной средой) является полимер, а диспергированным веществом – битум. Такие

Таблица 1

Наименование материала, марка, ТУ	Характеристики материалов					
	Толщина материала, мм	Прочность при разрыве, Н/5 см	Деформативность, %	Температура хрупкости, °С	Теплостойкость, °С	Испытание на продавливание
<b>Требования СоюзДорНИИ</b>	<b>≥4,5</b>	<b>≥600</b>	<b>≥20</b>	<b>≤-25*</b>	<b>≥85</b>	<b>+</b>
Изопласт ЭКП-5,5 ЭМП-5 ТУ 5774-005-05766480-95	5,5 5	600 600	30 30	-25 -25	120 90	-
Изоэласт ТУ 5774-007-05766480-96	5	600	32	-40	90	-
Мостопласт ТУ 5774-025-01393697-99	5,3	735	40	-32	130	+
Рубитексмост ТУ 5774-003-00289973-95	5	735	40	-32	85	-
Бимостэл БМ-95 БМ-120 ТУ 5774-047-00288739-99	5	600 900	20	-25 -32	95 120	- +
Дальмостопласт ДМ-2 ДМ-3 ТУ 5774-001-00287898-98	4,5 5	600 900	30	-25 -32	90 120	- +
Атаклонмост Б25 Б 32 ТУ 5774-002-00287906-99		600	20		85 85	- -
Техноэластмост Б С ТУ 5774-004-00287852-00	4,5 5	600 1000	20	-35	100 110	- +
Люберитмост ТУ 5774-003-18060333-00	4,5	600	20	-35	85	-
Днепротекс ПЭ ТУ 5774-006-00287869-2002	10**/ 5***	1100	50	-35	100	+

\* для II климатической зоны.  
 \*\* общая толщина материала Днепротекс.  
 \*\*\* толщина гидроизоляционной части материала Днепротекс.

смеси обладают высокой эластичностью (свыше 1500%), водонепроницаемостью и морозостойкостью (до -45°С), необходимы для надежной эксплуатации открытых сооружений. Нетканое геотекстильное полотно развесом не менее 700 г/м<sup>2</sup> и толщиной 4–5 мм обладает великолепными звукоизолирующими свойствами; кроме того, благодаря высокой прочности (не менее 1000 кН/5 см) полотно эффективно защищает гидроизоляцию от механических повреждений. По этому же слою осуществляется дренаж осадков.

В 2003–2004 гг. материал Днепротекс прошел серию успешных стендовых и лабораторных испытаний, моделирующих воздействие окружающей среды и подвижного состава на подбалластные маты и гидроизоляцию железнодорожных мостов. В частности, при динамических испытаниях в соответствии с методикой, утвержденной Департаментом пути и сооружений МПС, материал выдержал 2 млн циклов нагружения, имитирующих воздействие на изоляцию подвижного состава через щебеночный балластный слой.

Было установлено, что подбалластная система Днепротекс обеспечивает:

- надежную и долговечную гидроизоляцию железобетонной проезжей части благодаря многослойности изоляционного мата и его высоким физико-механическим свойствам;

- звукоизоляцию от первичного, направленного вниз воздушного шума в связи с наличием геотекстильного высокопористого слоя значительной толщины, а также сочетания в покрытии материалов с различными значениями модуля упругости;
- уменьшение отражения вторичного воздушного шума от пролетных строений;
- дополнительные потери звуковой энергии вследствие активного сопротивления эластомерно-битумных слоев, обладающих гибким деформирующимся каркасом, вынужденным колебаниям под действием падающих звуковых волн;
- дренаж попадающей на проезжую часть влаги, которому способствуют высокие дренирующие свойства геотекстиля, располагающегося на водонепроницаемом основании;
- повышение стабильности положения рельсового пути и снижение давления на щебень балластного корыта;
- ограничение возникающих при движении подвижного состава статических и динамических нагрузок в балластном слое, придание им большей равномерности; создание амортизирующего эффекта в подбалластных матах за счет их многослойности и работе в условиях всестороннего сжатия, а также наличия многослойного армирования и эластичных битумно-эластомерных слоев;

Таблица 2

Наименование показателя	Требования НИЦ «ТМ» ОАО «ЦНИИС»	Фактические показатели материала Днепротекс ПЭ
Разрывная сила при растяжении, Н	не менее 600	1250
Относительное удлинение при разрыве, %	не менее 30	60
Температура хрупкости вяжущего, °С	не выше -35	-35
Гибкость на брусе с закруглением радиусом 10 мм, °С	не выше -20	-20
Теплостойкость, °С, в течение 2 ч	не ниже 85	100
Водонепроницаемость при гидростатическом давлении, МПа	не менее 0,3	0,8
Водопоглощение, мас. %, в течение 24 ч	<1	0,37
48 ч		0,78
72 ч		0,97

- технологичность и индустриальность изоляции, состоящей из взаимодополняющих друг друга совместимых рулонных материалов заводского изготовления;
- высокую заводскую готовность изоляции.

В табл. 1 сопоставлены свойства материала Днепротекс ПЭ как подбалластного мата с требованиями, предъявляемыми Союздорнии к материалам для гидроизоляции мостовых и эстакадных сооружений, а также со свойствами отечественных материалов аналогичного назначения. Во всех представленных в табл. 1 материалах применен в качестве армирующей основы полиэстер. Как следует из таблицы, Днепротекс превосходит выпускаемые в России материалы и полностью отвечает предъявляемым требованиям.

В 2004 г. полифункциональная система Днепротекс была успешно применена для изоляции пролетных строений линии легкого метро (рис. 2), а в 2005–2006 гг. – нескольких железобетонных железнодорожных мостов на Урале. В настоящее время разрабатывается технология применения системы Днепротекс для комплексной изоляции металлических пролетных строений железнодорожных и автомобильных мостов.

**Устройство эксплуатируемых кровель.** Эксплуатируемые кровли различных типов – традиционные, инверсионные, интегральные, предназначенные для устройства на крышах зданий парковок, вертолетных площадок, садов, газонов, оранжерей, теплиц и других объектов благоустройства, в силу их специфики затрудняют или делают невозможным доступ к тепло- и гидроизоляции для их текущего или капитального ремонта. В связи с этим значительно повышаются требования к их надежности и долговечности. Кроме того, изоляционные слои таких кровель нуждаются в надежной защите от механических повреждений в процессе эксплуатации и устройства.

Для лицевого слоя изоляции эксплуатируемых кровель может быть применен материал серии Днепротекс, который благодаря наличию геотекстильного слоя обеспечивает дополнительные звуко- и теплоизоляцию кровли, ее корнестойкость, дренаж атмосферных осадков. При этом исключается необходимость в устройстве специальных разделительных и дренирующих слоев.

Таким образом, сокращается слойность изоляционного ковра, резко снижаются затраты на ее устройство и эксплуатацию.

Состав материала Днепротекс для использования в эксплуатируемых кровлях аналогичен составу для изоляции эстакадных линий.

**Гидроизоляция фундаментов и тоннелей.** Неотъемлемой частью проблемы изоляции тоннелей открытого способа работ, фундаментов зданий и других подземных сооружений, рассчитанных, как правило, на практически неограниченный срок эксплуатации, является защита гидроизоляции от механических повреждений при обратной засыпке котлованов, а также дренаж фильтрационных грунтовых вод. До недавних пор комплексное решение указанной проблемы отсутствовало, что существенно удорожало строительство.

Использование для целей наружной гидроизоляции подземных сооружений многофункциональных материалов системы Днепротекс, геотекстильный слой которых сочетает функции защиты от повреждений, в том числе проколов, при обратной засыпке грунта и дренажа фильтрационных грунтовых вод, обеспечит эффективное, недорогое и индустриальное решение проблемы.

Днепротекс обладает высокой трещиностойкостью при необратимых и сезонных колебаниях массива грунта, стойкостью к прорастанию корней растений, длительным сроком эксплуатации и высокой эластичностью гидроизоляционной и защитной частей материала, быстротой и легкостью применения вследствие совмещения



Рис. 2. Изоляция пролетных строений легкого метро полифункциональной системой Днепротекс

операций по устройству и защите гидроизоляции. Тем самым исключается необходимость в устройстве специальных защитных и дренажного слоев.

В табл. 2 приведены физико-механические свойства материала Днепротекс марки ПЭ в сравнении с требованиями к материалам для гидроизоляции тоннелей. Как следует из табл. 2, физико-механические свойства материала Днепротекс соответствуют или превосходят требования, предъявляемые к материалам для гидроизоляции тоннелей.

**Изоляция межэтажных перекрытий зданий и сооружений.** При устройстве полов промышленных зданий и сооружений в большинстве случаев необходимо выполнить гидро-, тепло- и звукоизоляцию перекрытий, а также обеспечить устройство разделительных слоев. Применение материалов серии Днепротекс обеспечивает комплексное решение этой задачи. При этом в качестве приклеивающего и гидроизоляционного слоев используют смеси битум-наполнитель, для опорного слоя (основы) – стеклоткань или стеклохолст, для геотекстильного слоя – иглопробивное полиэфирное полотно плотностью 420 г/м<sup>2</sup>.

В связи с повышением требований к комфортности материалы серии Днепротекс могут найти широкое применение для устройства полов, в том числе «плавающих», в жилых и гражданских зданиях, и в перспективе позволяют отказаться от устройства запылки в конструкции пола.

Таким образом, массовое применение полифункциональных слоистых рулонных материалов типа Днепротекс полностью отвечает современным тенденциям в строительстве, позволяет обеспечить существенную экономию ресурсов при решении целого ряда технических проблем, связанных с изоляцией строительных объектов, повысить индустриальность и надежность строительства.

Информационно-консалтинговая фирма

**«ИТКОР»**



*предлагает  
следующие виды услуг:*

**Проведение маркетингового исследования**

\*\*\*

**Подготовка аналитического обзора**

\*\*\*

**Подготовка информационной справки**

\*\*\*

**Разработка бизнес-планов**

**115419, Москва,**

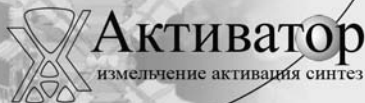
**ул. Орджоникидзе, д.11, стр 3, оф. 22**

**Тел./факс: (495) 232-47-56**

**E-mail: ikf-itcor@ikf-itcor.ru, itcor@mail.ru**

**www.ikf-itcor.ru**

Реклама



**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 мкм	4-7 мкм	20-50 мкм	50-70 мкм
потребляемая мощность	5,5 кВт/ч	11 кВт/ч	30 кВт/ч	75 кВт/ч
габариты, мм	1020×570×1230	1122×750×1500	1710×925×1815	2850×1700×2950

*Результаты активации цемента и помола материалов - на нашем сайте.*

• Все мельницы проходят испытания на Вашем материале, а дисперсный состав помолотых порошков тестируется в лаборатории.

Мельницы "Активатор" производятся только по оригинальным чертежам разработчика и защищены Патентами РФ №18501, №33037 на полезные модели. Патентообладатель: ЗАО "Активатор".



[www.activator.ru](http://www.activator.ru) >>

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

подготовка  
шихты для  
керамической  
плитки

помол  
пигментов

активация  
получение  
сухих смесей

цемент

смешение  
компонентов  
пенобетона

УДК 692.415

Ю.П. ШУЛЬЖЕНКО, д-р техн. наук, генеральный директор,  
А.Ф. ЛЕВИН, канд. техн. наук, гл. специалист, НПО «Гидрол-Руфинг» (Москва)

## Полимерная кровля Курского вокзала Москвы: 40 лет эксплуатации

Место, где находится Курский вокзал, известно в исторических источниках с XVI в. под названием Кобыльская слобода. Местные горожане использовали его для выгона лошадей и скота. Здесь, на землях церкви Николая Чудотворца между большим и малым Никольскими переулками летом 1866 г. было построено первое небольшое деревянное здание пассажирского вокзала Курской железной дороги. В 1896 г. по проекту архитектора Н. Орлова на его месте было возведено новое каменное монументальное здание — настоящее произведение архитектурного искусства (рис. 1). В 1972 г. в связи с увеличением пассажиропотока к нему со стороны фасада было дополнительно пристроено сооружение в виде просторного зала из стекла и бетона с оригинальной складчатой конструкцией покрытия. Ритм складчатого покрытия, уходящего в перспективу, должен был ассоциироваться с движением поезда (рис. 2).

Складчатое покрытие выполнялось в период 1970 г. по проекту Мосгипротранса (главный архитектор Г.И. Волошинов, главный конструктор Л.А. Казачинский) Покрытие Курского вокзала общей площадью более 14 тыс. м<sup>2</sup> является уникальным и единственным в России. Оно состоит из 66 преднапряженных железобетонных складок с толщиной стенки 120 мм, длиной 45 м и массой более 60 т. По расчетной схеме каждая складка представляет собой перевернутую П-образную балку на двух опорах с пролетом 27 м и двумя консолями 6 и 12 м. Опорами балок являются ригели, положенные перпендикулярно складкам на два ряда колонн. Между складками выполнены горизонтальные светопрозрачные фонари для дневного света. Благодаря такой конструктивной схеме перекрывается большая полезная площадь.

Боковые поверхности складок утеплены пенополистирольным пенопластом ПСБ-С и защищены плоским асбестоцементным листом толщиной 8 мм. Швы между листами загерметизированы тиоколовым герметиком

УТ-32. Основания складок утеплены блоками 30×30×8 см из пеностекла. Поверх блоков выполнена армированная цементно-песчаная стяжка марки 100 толщиной 25 мм. Поверхность складок покрыта полимерным мастичным составом Кровлелит (разработчик — головной научный центр ВНИИСтройполимер, автор Ю.П. Шульженко).

Приступая к разработке проекта главного здания пассажирского Курского вокзала в Москве, архитекторы задались целью создать зал с большим светлым внутренним объемом. Поэтому с самого начала главное внимание авторского коллектива было обращено на основной элемент конструкции покрытия — складку. Габариты складок исключали возможность транспортировки их по городу. Оставался единственный вариант — изготавливать складки на месте. Для этого в торцевой части стройплощадки была устроена пропарочная камера с металлическими пресс-формами. Готовые конструкции передвигали по ригелям на заданные расстояния.

После монтажа складок наступил черед кровли. Оказалось, что существующие на то время конструкции традиционных мягких и металлических кровель либо не соответствуют архитектурно-эстетическим требованиям (ритм уходящего поезда), либо не проходят «по массе».

Решение было найдено. Во ВНИИСтройполимере — головном научном центре по созданию полимерных строительных материалов зарождалось новое направление, связанное с разработкой и внедрением новых полимерных кровельных и гидроизоляционных материалов. К тому времени был накоплен достаточный опыт эксплуатации битумных материалов типа рубероидов, успевших себя серьезно дискредитировать. Имея ограниченный спектр свойств, они не могли удовлетворить эстетические и конструкционные требования архитекторов и проектировщиков здания вокзала. Специалисты «сидели на голодном пайке», так как их замыслы в области разработки новых архитектурных форм в виде



Рис. 1. Курско-Нижегородский вокзал. 1896 г.



Рис. 2. Главное здание Курского вокзала. 1972 г.

Наименование показателя	Значения
Предел прочности при разрыве, МПа	1,5–10
Относительное удлинение при разрыве, %	200–700
Адгезия, МПа: к бетону к асбестоцементу к металлу без грунта к металлу с грунтом	0,5–2 0,4–1,5 0,3–1 1–3
Водопоглощение, %	0,1–1
Водонепроницаемость, атм, не менее	8
Морозостойкость, циклов	300–500
Гибкость на стержне диаметром 10 мм, °С	-40 – -50
Температуроустойчивость, °С	120 – 150
Стойкость к солнечной радиации	устойчиво
Огнестойкость (покрытия на бетоне, металле)	не поддерживает горения
Время высыхания слоя при 20°С, мин: до воздушно-сухого состояния до нанесения следующего слоя	30–60 60–90
Время полного высыхания (стабилизации свойств), сут	7–10
Долговечность в кровле (по лабораторной оценке), лет	50



Рис. 3. Герметизация швов тиоколовым герметиком УТ-32. 1970 г.



Рис. 4. Состояние мест сопряжений наклонных поверхностей с верхней частью складок до ремонта. 2007 г.

оболочек, складок, сфер, пирамид и пр. не могли быть реализованы. В этих случаях кровля становилась «пятым фасадом», видимым с земли и сверху. Кроме того, к покрытиям предъявляли требования легкости, пожаробезопасности, эксплуатационной надежности, в особенности на больших уклонах.

Самые прогрессивные и перспективные направления развития полимерных кровель связаны с применением мастик. К 1970 г. были выполнены опытные кровли на основе уникального полимера – хлорсульфополиэтилена (ХСПЭ) в городах Москва, Северодвинск, Краснотурьинск, Сумгаит. Испытания покрытий из Кровлелита в камерах искусственной погоды в течение трех лет, а также наблюдения за состоянием покрытий опытных кровель площадью от 300 до 600 м<sup>2</sup> показали, что их долговечность соответствует не менее 15 лет эксплуатации в натуральных условиях. В основу оценки надежности покрытий был положен принцип сохранения эластичности и адгезионной прочности. До тех пор пока покрытие эластично, оно сохраняет свои гидроизоляционные свойства. Утрате эластичности сопутствуют процессы нарастания хрупкости и растрескивания.

Ввиду важности и ответственности складчатой конструкции покрытия на строящемся объекте специалистами ВНИИСтройполимер была разработана методика оценки надежности полимерных слоев на модельном элементе конструкции. С этой целью, а также для отработки технологии монтажа утеплителя Мостранстрой предоставил ВНИИСтройполимеру фрагмент железобетонной складки, выполненный в масштабе 1:3. Фрагмент складки закрыли с торцов листами толстого оргстекла (6 мм). Периметр герметизировали. Объем между стеклами заливали водой высотой слоя 30 см. Выполненную конструкцию устанавливали на специальную тележку и транспортировали в морозильную камеру для замораживаний (до -40°С), а затем оттаиваний. Замораживание проводили до образования массивного льда по всей глубине. После 2 сут замораживания фрагмент извлекали из камеры и подвергали оттаиванию при нормальных условиях (при 20±2°С) также в течение 2 сут. Во время оттаивания происходило расширение и всплытие льда; при этом возникали нарушения целостности покрытий в виде набуханий, отслаиваний, трещин.

В процессе испытаний было опробовано более 6 различных составов полимерных кровельных покрытий, в том числе латексные составы (водные дисперсии композиций различных каучуков), подобраны защитные окрасочные составы для ПСБ-С.

Лучшие результаты получены при испытаниях покрытий из мастичных составов Кровлелит. Эти составы представляют собой раствор полимерных композиций, состоящий из пленкообразующего полимера ХСПЭ, наполнителей, растворителя, вулканизующих агентов и спецдобавок. В зависимости от состава показатели свойств варьировались в широком диапазоне (таблица).

Важным преимуществом мастичного покрытия Кровлелит явилась технологичность его устройства. Мاستику наносят способом окрасочной технологии, в том числе высокопроизводительным безвоздушным напылением.

В 70-е гг. таких установок в СССР не было, поэтому кровельное покрытие Курского вокзала делали валиками. В лакокрасочной технологии считается, что чем больше слоев, тем качественнее покрытие; при этом покрытие, содержащее растворитель, должно быть выполнено не менее чем за 3 нанесения. В данном случае покрытие общей толщиной 0,8 мм было достигнуто за 4 нанесения.

Опыт устройства мастичной кровли Курского вокзала показал, что применение Кровлелита позволяет:

- снизить массу кровли по сравнению с традиционными битумными материалами в 15–20 раз;
- наносить водоизоляционные покрытия по поверхностям любых уклонов и конфигураций;
- радикально решить проблему стыков и сопряжений;
- повысить эксплуатационную надежность и долговечность кровли за счет бесшовности получаемого покрытия;
- создать огнестойкие покрытия, отвечающие современным требованиям пожарной безопасности;
- выполнять кровельные работы всевозможными.

С начала работ по устройству кровли разработчик гарантировал ее долговечность – 15 лет. Однако после 39 лет эксплуатации оказалось, что покрытие, выполненное из Кровлелита, сохранило свою эластичность и адгезию к основанию.

В течение 10 лет после сдачи кровли ВНИИСтройполимер вел ежегодные наблюдения за ее состоянием. В некоторых местах образовались вздутия диаметром 3–8 см и отслоения. Такие дефекты образовывала испаряющаяся «запечатанная» влага. Следует отметить, что кровельные работы выполняли в осенний период 1971 г. Вследствие осадков пеностекло и стяжка оказывались увлажненными. В нарушение действующих норм Кровлелит наносили спешно, на увлажненное основание, иногда без надлежащей сушки. В этой связи в некоторых местах вместо 0,8 мм толщина покрытия составила 0,4 мм. ВНИИСтройполимер выступал против нанесения мастики на влажное основание, о чем имеются записи в журналах работ. Вокзал был сдан в эксплуатацию летом – осенью 1971 г.

Неоднократные предложения ВНИИСтройполимер руководству вокзала по проведению ремонта игнорировались, так как высококачественный железобетон складок не пропускал воду внутрь помещений и протечек не было.

По прошествии примерно 20 лет эксплуатации появились протечки, преимущественно в местах примыкания светопрозрачных фонарей. Руководство вокзала без проведения квалифицированного обследования, в обход ВНИИСтройполимера организовало ремонт кровли путем наклейки на основания складок недолговечного рубероида на картонной основе, который через три года утратил свою гидроизоляционную функцию. При этом на боковые поверхности складок местами нанесли битумнозный мастичный состав, который вследствие диффузии и последующего пузырения полностью отделился от асбестоцементного основания. На этих участках произошло полное разрушение водоизоляционной оболочки.

Никаких серьезных работ по обследованию этой кровли в течение более 35 лет после приемки в эксплуатацию не проводили.

В 2006, 2007 и 2008 гг. ООО НПО «Гидрол-Руфинг» и ООО «Стройпроектзащита» выполнили инструментальные натурные обследования складчатого покрытия здания Курского вокзала, в результате чего была установлена закономерность изменения во времени несущей способности складок конструкции, что в ближайшие годы было достаточным для предотвращения аварийного обрушения покрытия. В результате вскрытий отобрали пробы материалов и определили их влагосодержание. В частности, было установлено, что влагосодержание цементно-песчаной стяжки и пеностекла внутри основания складки существенно превышает значения, допустимые СНиП, а в некоторых местах влажность материалов соответствует состоянию полного влагонасыщения с наличием свободной влаги, которая перемещалась по уклону покрытия.

Наибольшее количество дефектов кровельного ковра было обнаружено на нижних и верхних поверхностях складок. Особенно неблагоприятное состояние было в



Рис. 5. Состояние боковых наклонных поверхностей складок покрытых мастикой Кровлелит до ремонта кровли после 37 лет эксплуатации. 2007 г.



Рис. 6. Кровельные аэраторы 2010 г.

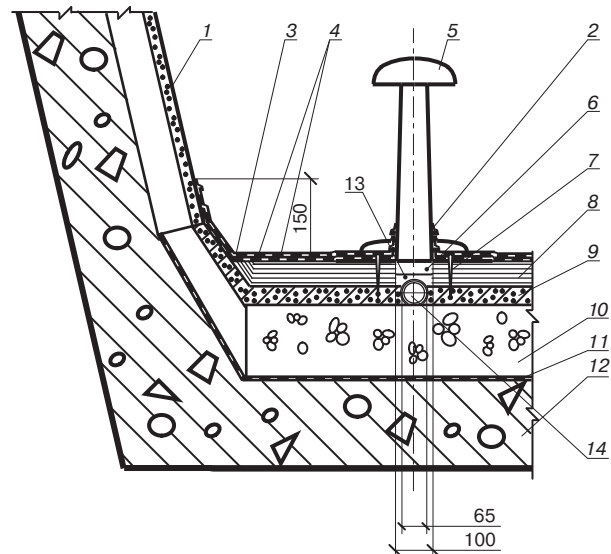
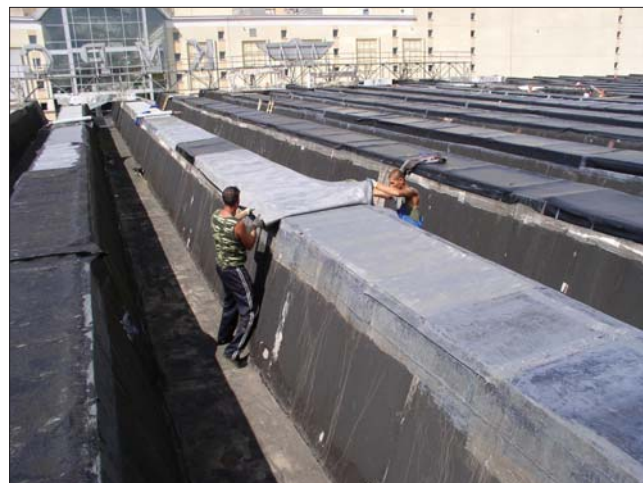


Рис. 7. Схема установки аэратора: 1 – кровля боковой поверхности складки; 2 – мастика Унимаст-Б, армированная сеткой; 3 – место отсутствия приклейки верхнего слоя ковра; 4 – двухслойный кровельный ковер из наплавляемого материала и материала Элон-Супер на мастике Унимаст-Б; 5 – аэратор; 6 – участок вентилируемого канала под кровельным аэратором; 7 – крепежный элемент; 8 – существующие слои кровельного ковра; 9 – существующая армированная цементно-песчаная стяжка; 10 – блоки пеностекла; 11 – существующая пароизоляция; 12 – железобетонная складка; 13 – вентилируемый канал шириной 65–70 мм; 14 – полочка гофрированной дренажной трубы Ф65 мм



**Рис. 8.** Таяние снега вблизи кровельных аэраторов. Состояние после ремонта кровли весной 2010 г.



**Рис. 9.** Наклейка Элон-Супер. 2008 г.

горизонтальной части дна складок. Здесь кровельный ковер, выполненный из рубероида на битумной мастике, был полностью разрушен. На нем произрастали мох, трава и деревья.

Места сопряжений кровли верхней части складок и их наклонных поверхностей, ранее изолированные битумной мастикой с армированием лентами стеклоткани, к моменту обследования, находились полностью в разрушенном состоянии. Мasticный состав выветрился и стеклоткань была оголена. Наиболее наглядно результат этого процесса был виден в местах расположения крепежных винтов (рис. 4).

Вместе с тем кровля боковых наклонных поверхностей складок, выполненная из Кровлелита, за исключением наружной консольной части некоторых складок, находилась в хорошем состоянии (рис. 5). Северные складки сохранились лучше южных. Последние имели на своей поверхности местные отрывы и вздутия диаметром 12–150 мм. По экспертной оценке общая площадь дефектов на южных поверхностях составила не более 5%, а на северных – не более 0,5%.

Стыки асбестоцементных листов, выполненные с помощью герметика УТ-32, находятся в хорошем состоянии, герметик сохранил свою эластичность и адгезию к кромкам листов, трещины отсутствуют.

По результатам обследований 2007 г. было разработано несколько вариантов восстановительного ремонта покрытия, в том числе предусматривающих удаление переувлажненных материалов, дополнительное утепление конструкции крыши.

В процессе выполнения восстановительного ремонта покрытия летом 2008 г. в связи с резким подорожанием услуг по вывозу на свалки и захоронению демонтируемых материалов пришлось пересмотреть варианты ремонта, разработанные в 2007 г., и найти решение по сушке материалов путем устройства в толще конструкции вентилируемых наружным воздухом каналов с установкой кровельных аэраторов (рис. 6, 7).

Количество аэраторов – по 6 шт. в каждой складке, размеры сечений вентилируемых каналов были рассчитаны канд. техн. наук Н.Н. Щербаком. Было показано, что опасность сверхнормативного влагосодержания стяжки ( $2 \text{ кг/м}^2$ ) и пеностекла ( $4,3 \text{ кг/м}^2$ ) состоит в неизбежном перемещении влаги в зимний период под новый водоизоляционный ковер с возможностью образования вздутий. Также указано, что максимальной осушающей способностью обладает вентилируемый канал прямоугольной формы в толще разрушенной стяжки. Для предотвращения обрушения стенок этого канала во время его устройства и последующей



**Рис. 10.** Отремонтированная кровля главного здания Курского вокзала после сдачи в эксплуатацию в 2008 г.

эксплуатации внутрь была вставлена разрезанная пополам в продольном направлении гофрированная дренажная труба диаметром 65 мм. Работоспособность вентилируемой системы проверяли замерами влажности воздуха вне и вблизи аэраторов при снятой с него крышке. Влажность вблизи аэраторов была на 20–30% выше наружного воздуха. Эффективная работа вентилируемой системы была подтверждена зимним обследованием, проведенным в 2010 г. Вокруг аэраторов происходит интенсивное таяние снега, и на юго-восточных торцах складок отсутствуют наледы (рис. 8).

Поскольку стеклопакеты фонарей были разгерметизированы, поверхность их стекол загрязнена и более 50% площади закрыто различными кровельными материалами, было принято решение накрыть их поверхность материалом Элон-Супер с надежной приклейкой мастикой Унимаст-У к горизонтальной и боковым поверхностям верхних частей складок (рис. 9).

Как показал 40-летний опыт эксплуатации, ранее прогнозируемый опыт долговечности кровли декларировался на уровне 15 лет, а реальная долговечность составила более 37 лет. Учитывая, что при ремонте использованы полимерные материалы нового поколения заводского изготовления, есть реальная предпосылка ожидать, что долговечность обновленной кровли будет не менее достигнутой.

**Ключевые слова:** Курский вокзал, складчатая конструкция крыши, мастика Кровлелит, аэраторы, мастика Унимаст-Б, Элон-Супер.



Москва, «Экспоцентр»  
26–28 ОКТЯБРЯ 2010 г.

---

# МЕЖДУНАРОДНАЯ НЕДЕЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

## Mix BUILD

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

## EXPO Mix

11-я Международная специализированная выставка  
«Сухие смеси, бетоны и растворы»

## Dry SHOW

Презент-конференция  
«Сухое строительство»

---

# [www.dry-mix.ru](http://www.dry-mix.ru)

Тел./факсы в Санкт-Петербурге: (812) 335-09-92, 335-09-91, 380-65-72, 703-71-85

Тел./факсы в Москве: (495) 580-54-36

e-mail: [info@dry-mix.ru](mailto:info@dry-mix.ru)



МИНИСТЕРСТВО  
РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ  
Российской Федерации



СОИЗЦЕМЕНТ



Строительная  
газета

СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ\*

beton.ru

# КНАУФ-Файерборд – новый продукт в линейке огнезащитных материалов КНАУФ

В 2009 г. в России вступил в действие Федеральный закон № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», согласно которому в некоторых помещениях обязательно применение только негорючих материалов. При этом требования пожарной безопасности к конструкциям практически не изменились. Это подтолкнуло компанию КНАУФ дополнить свое предложение огнестойких материалов и начать в России производство нового для страны продукта – негорючей (НГ) плиты КНАУФ-Файерборд.



До введения нового закона группа КНАУФ с успехом предлагала для противопожарной защиты свои основные продукты: гипскартонные КНАУФ-листы (ГОСТ 6266–97) и гипсоволокнистые КНАУФ-суперлисты (ГОСТ Р 51829-2001). Благодаря тому, что эта продукция производится в России из местного сырья, конечная цена этих строительных материалов высшего качества для покупателей очень привлекательна. Гипс, составляющий их основу, создает комфортную среду обитания благодаря его способности в изделиях впитывать излишнюю влагу из воздуха и отдавать ее обратно в помещение при снижении влажности воздуха. К тому же одной из важнейших характеристик этого природного материала является его негорючесть, чем определяются также высокие пожарно-технические характеристики изделий, изготавливаемых из гипсового вяжущего.

Применение в строительстве КНАУФ-листов и КНАУФ-суперлистов позволяло решать проблему обеспечения противопожарной защиты в соответствии с требованиями СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

Однако, учитывая введение новых, более жестких требований к пожаробезопасности самих материалов, потребителям, а особенно проектировщикам и архитекторам, следует обратить внимание на присвоенные классы пожарной опасности (табл. 3 ФЗ №123) для всех без исключения строительных материалов.

Так, присвоенный класс пожарной опасности для КНАУФ-листа КМ3 уже не позволяет применять его, например, на путях эвакуации в зданиях более 9 этажей, но менее 17, или более 28 м высотой, но менее 50 м (табл. 28 ФЗ №123) в вестибюлях, лестничных клетках, лифтовых холлах. Здесь можно применять либо КНАУФ-суперлист, получивший класс КМ1, либо КНАУФ-Файерборд, имеющий класс КМ0.

Имеющие более высокие пожарно-технические характеристики (Г1, В1, Д1, Т1) по сравнению с КНАУФ-листом КНАУФ-суперлисты рекомендуется применять для отделки в тех помещениях, к которым предъявляются более высокие требования по пожарной безопасности. Но в некоторых случаях, например на путях эвакуации зданий в 17 этажей или 50 м высотой и выше и в зальных помещениях с количеством мест более чем на 800 человек (табл. 29 ФЗ №123), КНАУФ-суперлисты уже не могут быть использованы. В этих случаях фирма КНАУФ рекомендует применять КНАУФ-Файерборд – идеальный материал для устройства противопожарных



преград, предотвращающих распространение пожара и продуктов горения из помещения или пожарного отсека с очагом возникшего пожара в другие помещения. Это доказали огневые испытания во ВНИИПО МЧС РФ, которым подвергся как сам материал, так и основные конструкции перегородок с его использованием.

Этот материал наряду с КНАУФ-листами, КНАУФ-суперлистами, плитой АКВАПАНЕЛЬ® (класс КМЗ) дополняет линейку противопожарных конструктивных листовых материалов, позволяющих решать задачи по проектированию несущих ограждающих конструкций.

Когда требуется очень высокая огнестойкость конструкции с пределом огнестойкости, например, 150 или 240 мин, компания КНАУФ предлагает использовать специальные решения, как на базе традиционных листовых материалов (КНАУФ-лист, КНАУФ-суперлист), так и с применением нового материала КНАУФ-Файерборд.

В проведенных во ВНИИПО МЧС испытаниях участвовали такие типы конструкций, чтобы они, с одной стороны, удовлетворяли требованиям по негорючести (класс КМ0), а с другой – были максимально приемлемыми по цене. Так, двухслойная обшивка могла состоять из одного слоя плиты КНАУФ-Файерборд как более дорогого материала, второй слой монтировался из обычного КНАУФ-листа.

При необходимости получения более высоких пределов огнестойкости конструкций с использованием КНАУФ-Файерборд возможны варианты как с этими плитами различной толщины, так и с применением более плотных минераловатных плит. В проведенных испытаниях специально использовалась самая низкая по плотности минеральная вата, чтобы основную нагрузку принял основной материал.

В дальнейшем группа КНАУФ планирует провести сертификационные испытания огнезащитной облицовки стальных колонн плитами КНАУФ-Файерборд толщиной 20 мм (доступна по специальному заказу).

Уже сегодня КНАУФ-Файерборд отечественного производства можно приобрести в России. Неизменно высокое качество продукта традиционно для фирмы КНАУФ.



www.knauf.ru

**KNAUF**  
Немецкий стандарт

По вопросам крупных оптовых поставок обращайтесь в сбытовые организации КНАУФ:  
КНАУФ МАРКЕТИНГ Красногорск, тел. +7 (495) 937 95 95; КНАУФ МАРКЕТИНГ Санкт-Петербург, тел. +7 (812) 718 81 94;  
КНАУФ МАРКЕТИНГ Новомосковск, тел. +7 (48762) 29 29 1; КНАУФ МАРКЕТИНГ Краснодар, тел. +7 (861) 267 80 26;  
КНАУФ МАРКЕТИНГ Челябинск, тел. +7 (351) 774 21 45; КНАУФ МАРКЕТИНГ Новосибирск, тел. +7 (383) 355 44 36;  
КНАУФ ГИПС Иркутск, тел. +7 (3952) 29 00 32; КНАУФ МАРКЕТИНГ Хабаровск, тел. +7 (4212) 31 88 33.

В.И. КАЛАШНИКОВ, д-р техн. наук, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

## Капиллярная усадка высокопрочных реакционно-порошковых бетонов и влияние масштабного фактора

Высокопрочные реакционно-порошковые бетоны (РПБ) прочностью 120–150 МПа состоят из повышенного количества портландцемента, молотой горной породы (каменной муки) или кварцевой муки, микрокремнезема и очень мелкого кварцевого песка фракции 0,1–0,6 мм. С позиций теории капиллярной усадки такие тонкодисперсные системы с высоким расходом цемента 700–750 кг/м<sup>3</sup> должны проявлять значительные усадочные деформации. Однако учитывая, что реакционно-порошковые бетонные смеси растекаются при влажности 10% и объем капиллярных пор в бетоне небольшой, усадочные деформации должны быть незначительными. Вопрос в том, будет ли превалировать позитивный фактор низкого водотвердого отношения смеси в снижении усадки над негативным фактором микродисперсности затвердевшего бетона в ее повышении.

В соответствии с ГОСТ 24544–81 «Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести» усадку тяжелых бетонов определяют на образцах-призмах размером 70×70×280 мм, 100×100×400 мм и более с соотношением высоты к поперечному размеру призмы квадратного сечения, равного 4.

Срок испытания призм 100×100×400 мм может длиться 4 мес и более при относительной влажности воздуха  $\theta = 60 \pm 5\%$  и температуре  $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Завершение испытаний в соответствии с ГОСТом определяется по минимальному приросту усадочных деформаций, не превышающему точность измерения. В связи с малой ценой деления индикаторов часового типа, равной 10 мкм, точность измерения очень высока и составляет по визуальному отчету 2–3 мкм. Поэтому усадка по рекомендуемому критерию точности может продолжаться в течение 1–2 лет и более. Еще О.Я. Берг рекомендовал проведение испытаний на усадку в течение года [1]. Поэтому сроки окончания усадки, сформулированные в ГОСТе, не имеют конкретного значения.

Строгое регламентирование минимальных размеров образцов в стандарте, особенно для щебеночных бетонов, имеет рациональную основу. Медленное протекание усадочных деформаций связано с медленной диффузией водяных паров из внутреннего объема бетона в окружающую среду: чем дальше расположен внутренний объем от поверхности, тем более продолжительна диффузия.

В щебеночных бетонах размер образца регламентируется наибольшим размером зерен щебня. В таких бетонах диффузия паров воды из цементного камня замедляется вследствие огибания препятствий из щебня – паронепроницаемых плотных пород на пути диффузии. Немаловажное значение имеет объем и размеры капиллярных пор, зависящие от В/Ц и минералогического состава портландцемента.

Таким образом, продолжительность протекания капиллярной усадки исходя из физикохимии сложного диффузионно-массообменного процесса должна возрастать пропорционально увеличению размеров образ-

ца, количества крупного заполнителя, объема капиллярных пор и их размера.

В реакционно-порошковом бесщебеночном бетоне с микрооднородной структурой и очень мелкими дискретными включениями максимального размера 0,5–0,6 мм для масштабного фактора может быть выявлена надежная закономерность. При этом необходимо выяснить, будут ли образцы различных размеров, но с одинаковым отношением высоты к стороне призмы квадратного сечения иметь строгое соотношение усадки в различные сроки испытаний в зависимости от объема образца и его поверхности. Наиболее важным геометрическим критерием согласно проведенным исследованиям является модуль поверхности в отличие от радиуса сечения элемента, предложенного О.Я. Бергом [1].

Для оценки усадочных деформаций изготавливали образцы-призмы размером 100×100×400, 70×70×280 и 40×40×160 мм. На внутренние торцевые поверхности форм наклеивали реперы из нержавеющей стали с анкерующими отгибами и все формы заливали РПБ-смесью. Состав бетона, кг/м<sup>3</sup>: цемент вольский М500 ЦДС с 0,9% Melflux 2651 – 701; песок кварцевый молотый  $S_{уд} = 3800 \text{ см}^2/\text{г} - 350$ ; очень мелкий кварцевый песок фракции 0,16–0,63 – 1100; микрокремнезем кемеровский – 70; вода – 221. Водотвердое отношение (В/Т) составило 0,103, водоцементное отношение (В/Ц) – 0,316; плотность бетона – 2240 кг/м<sup>3</sup>.

Для контроля кинетики набора прочности для испытания на сжатие изготавливали образцы-кубы размером 100×100×100 мм, на растяжение при изгибе – балочки 40×40×160 мм. Образцы хранили во влажных условиях в двойных полиэтиленовых мешках. После 28 сут хранения образцы-призмы устанавливали в измерительные ячейки с индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм. Прочность при сжатии РПБ в возрасте 1, 7 и 28 сут была 42; 88,2 и 112,5 МПа соответственно, а прочность при изгибе соответственно 8,8; 12,4 и 13,8 МПа.

Реакционно-порошковый бетон имел более низкую плотность, чем тяжелый щебеночный бетон. Несмотря на отсутствие в бетоне плотных заполнителей с нулевой пористостью, количество открытых пор, доступных для воды, было небольшим; водопоглощение базовых образцов за 8 сут не превышало 2,6–2,7 мас. %. Прочность была сравнительно невысокой вследствие несколько повышенного расхода воды и пониженной растекаемости из конуса Хагермана (22 см вместо 28 см). В структуре бетона присутствовало небольшое количество воздушных пор.

Усадочные деформации фиксировали в течение 200 сут при колебаниях относительной влажности воздуха в пределах 55–60% (табл. 1). За весь период уменьшение массы бетона за счет естественного высыхания было неодинаковым и соответственно равным 0,95; 1,27; 1,87% для призм 100×100×400, 70×70×280 и 40×40×160 мм соответственно.

Таким образом, в призмах стандартного размера 100×100×400 мм за 150 сут усадочные деформации на 1%

Период протекания усадки, сут	Размер сечения образцов, мм	Значение экспериментальной усадки, $\epsilon_3$ , мм/м	Расчетная усадка, приведенная к стандартной призме 100×100×400 мм $\epsilon_p = \epsilon_3/K$	Отклонение расчетной усадки от экспериментальной, %
45	100×100	0,25	–	
	70×70	0,35	0,275	+10
	40×40	0,39	0,212	-15,2
92	100×100	0,33	–	
	70×70	0,422	0,34	+3,03
	40×40	0,575	0,312	-5,45
152	100×100	0,377	–	
	70×70	0,479	0,377	0
	40×40	0,659	0,358	-5,03
200	100×100	0,392	–	
	70×70	0,492	0,387	-1,3
	40×40	0,7	0,38	-3,1

потерянной влаги составили 0,68 мм/м; за 200 сут – 0,84 мм/м. Как следует из таблицы, усадка в стандартных призмах за 200 сут не превышает 0,4 мм/м, что незначительно выше усадки плотных щебеночных бетонов.

Для перерасчета экспериментальной усадки бетона в призмах малого размера на усадку бетона в образцах стандартных базовых размеров 100×100×400 мм использовали приведенный коэффициент К:

$$K = \sqrt[3]{(m_i / M)^2},$$

где  $m_i$  – модуль поверхности призм малого размера;  $M$  – модуль поверхности призмы базового размера.

Как известно, модуль поверхности  $M$  равен:

$$M = S/V,$$

где  $V$  и  $S$  соответственно объем и полная поверхность призмы. Для рассматриваемых образцов-призм сечением 70×70 и 40×40 мм модуль поверхности и коэффициент соответственно равны:  $m_i=6,44; 11,25$  и  $K=1,27; 1,84$ .

Расчетная усадка призм 100×100×400 мм, вычисленная из экспериментальной усадки в малых призмах через 150–200 сут, практически равна экспериментальной усадке призм 100×100×400 мм. Она отличается от базовой экспериментальной на 1–5%. В ранние сроки испытаний (45 сут) это отличие существенно.

Можно полагать, что значения усадки, протекающей в РПБ в течение 150–200 сут в призмах разных размеров, пропорциональные  $(m_i / M)^{2/3}$ , есть не что иное, как проявление физической природы массообмена. Для полного подтверждения его проявления необходимо определить усадочные деформации реакционно-порошкового бетона не только в призмах приведенных размеров, но и размеров 150×150×600 мм, а также на других составах РПБ.

Проведенные исследования позволяют измерять усадку РПБ в призмах 40×40×160 и 70×70×280 мм и пересчитывать ее на усадочные деформации призм базового размера 100×100×400 мм на исследованном составе бетона.

В заключение следует отметить, что сведения о значениях усадочных деформаций реакционно-порошковых высокопрочных бетонов в отечественной литературе отсутствуют.

Если сравнивать усадку РПБ с усадкой высокопрочных мелкозернистых бетонов с  $R_{сж} = 92–108$  МПа, приведенной в [2], то усадку этого бетона 0,3–0,5 мм/м можно было бы считать сопоставимой с усадкой РПБ, если бы она была определена в соответствии с ГОСТом. Усадку в [2] определяли через 28 сут, что недопустимо. Усадочные деформации, определенные в возрасте 28 сут, в 1,5–1,6 раза меньше, чем через 3 мес, и в 1,7–1,8 раза, чем через 5 мес. Мелкозернистые песчаные бетоны состава 1:3 на Вольском песке при оценке активности портландцемента по ГОСТ 310.4–81 из смесей нормальной консистенции (В/Ц = 0,4) имеют усадку через 3 мес в 1,6–1,7 раза, а через 5 мес в 1,9–2 раза выше, чем в возрасте 28 сут. Непреднамеренное занижение усадки с нарушением стандартных сроков

определения стало достаточно частым в научных публикациях. Значения усадки используют при назначении уровня предварительного напряжения арматурной стали в предварительнонапряженных несущих конструкциях. И неполный учет усадки чреват потерей предварительного натяжения арматуры в теле бетона.

**Ключевые слова:** реакционно-порошковый бетон, капиллярная усадка, масштабный фактор.

#### Список литературы

1. Берг О.Я., Щербаков Е.Н. Об эффективности методов прогноза величин ползучести и усадки: Материалы совещания НИИЖБ Госстроя СССР «Ползучесть и усадка бетона». М., 1969. С. 136–145.
2. Фаликман В.Р., Сорокин Ю.В., Калашников О.О. Строительно-технические свойства особо высокопрочных быстротвердеющих бетонов // Бетон и железобетон. 2004. № 5. С. 5–10.

 **ВЫСТАВКА**  
Ваше Жилище

21-23 сентября  
Ярославль

16-я выставка энергоэффективных технологий для строительства и ЖКХ в рамках межрегиональной конференции  
«**Строительство и ЖКК:**  
Энергоэффективность.  
Инвестиции. Инновации»

(4852) 45-06-46, [www.energo-resurs.ru](http://www.energo-resurs.ru)

М.В. МИХЕЕВА, магистрант (maryavm112@rambler.ru), Е.Н. ЧЕРЕЗОВА, д-р хим. наук, Казанский государственный технологический университет; А.Ю. ФОМИН, канд. техн. наук, В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук, Казанский государственный архитектурно-строительный университет

## Вяжущие для бетонов на основе сополимеров серы и нефтеполимерной смолы

Накопление технической серы как побочного продукта при переработке и очистке нефти, природных и топочных газов увеличивается быстрыми темпами с развитием нефтедобывающих и нефтехимических производств. Так, при годовой производительности 3 млн т стабильной сырой нефти ежедневно вырабатывается около 1000 т серы и серных шламов, которые большей частью скапливаются в отвалах, оказывая техногенное воздействие на объекты окружающей среды. В связи с этим разработка эффективных способов использования серы приобретает особую актуальность.

Все больше внимания уделяется возможности применения серы в строительстве, поскольку известно, что такие строительные материалы, как серный цемент и бетон, имеют сравнительно высокие физико-механические свойства: прочность при сжатии, морозостойкость, водопоглощение и др.

При этом сам серный бетон и его технология не лишены недостатков, оказывающих некоторое сдерживающее его освоения в промышленном масштабе. Это значительная усадка при твердении, неустойчивость к тепловым нагрузкам, низкая ударная прочность, санитарно-гигиеническая несовершенство процесса производства.

Хрупкость серного бетона может быть снижена путем введения пластифицирующих добавок, например дициклопентадиена (ДЦПД) или битума [1]. В работе [2] показано, что для понижения хрупкости серных бетонов в качестве модификаторов могут быть использованы полисульфидные олигомеры на основе ДЦПД. Также установлено их положительное влияние на прочностные характеристики бетонов. Однако при введении таких полисульфидов в серосодержащую смесь с последующим формованием изделий в интервале температур 130–150°C наблюдался специфический запах, вызванный процессом дегидросульфирования. Соответствен-

но в качестве способа устранения данного недостатка можно рассматривать получение и применение более термостабильных полисульфидных связующих на основе серы и органических соединений непредельного ряда. При этом варьирование органической компоненты позволит регулировать комплекс требуемых свойств.

Задачей исследования являлся поиск состава серно-связующего, обладающего термостабильностью в интервале 120–150°C, что коррелирует с требованиями к технологии производства серного бетона.

Для этого в работе применен метод сополимеризации непредельного углеводородного реагента с серой как более технологичный, энергосберегающий и малоотходный в сравнении, например, с поликонденсационным методом получения [3]. С точки зрения доступности сырьевой базы и соответствия принципу реакционной способности реагента, а именно наличия в его структуре кратных связей, в работе использовали нефтеполимерную смолу (НПС), получаемую из C<sub>9</sub>-фракции пиролиза нефти, в состав которой входит значительное количество олефиновых и диеновых углеводородов.

Процесс сополимеризации проводили в расплаве при 130–135°C и соотношении компонентов сера:НПС=70(80):30(20) мас. %. Согласно литературным данным [4] указанная температура достаточна для разрыва кратных >C=C< связей реагента. Для ускорения процесса в реакцию смесь вводили известный активатор раскрытия серного цикла дифенилгуанидин (ДФГ). С целью определения оптимального времени синтеза связующих, параллельно проводили три опыта, длительностью 1; 1,5; 2 ч соответственно. В ходе процесса реакционная масса визуально приобретала большую вязкость, что обусловлено накоплением полимера. При остывании синтезированное связующее затвердевало.

Оптимальное время синтеза полисульфида (ПС) определяли по пределу прочности при сжатии образцов серных цементов, сформированных на его основе.

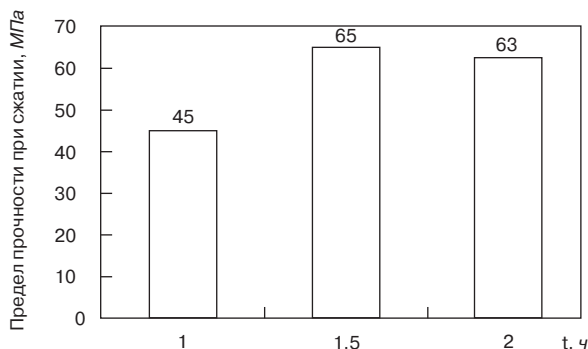


Рис. 1. Зависимость предела прочности при сжатии образцов бетона, содержащих связующее (состав S:НПС=70:30), от времени синтеза (t) связующего

Таблица 1

Наименование ингредиентов сополимера	Содержание серы, мас. %	Предел прочности при сжатии, МПа
S <sub>x</sub> : НПС	70	65
S <sub>x</sub> : НПС:Битум БНД 60/90	70	60
S <sub>x</sub> : НПС:ДЦПД	70	61
S <sub>x</sub> : НПС	80	44
S <sub>x</sub> : зеленое масло (ДЦПД)	70	61
S <sub>x</sub>	100	40

Таблица 2

Наименование ингредиентов сополимера	Соотношение, мас. %	Содержание SH-групп, мас. %
S <sub>x</sub> : НПС	70:30	14,66
S <sub>x</sub> : НПС:Битум БНД 60/90	70:22,5:7,5	13,09
S <sub>x</sub> : НПС:ДЦПД	70:22,5:7,5	12,86
S <sub>x</sub> : НПС	80:20	13,32

В состав цемента входили связующие и тонкодисперсный карбонатный наполнитель в соотношении массовых долей 50:50. В результате из полученной кинетической зависимости прочности цемента определили, что оптимальным временем синтеза связующего, позволяющим получить цемент с высоким прочностным показателем (65 МПа), является время, равное 1,5 ч (рис. 1).

Для сравнения, предел прочности при сжатии цемента на элементной сере и аналогичном наполнителе составляет 40 МПа.

Все последующие синтезы с варьированием содержания органического неперделного реагента проводили в течение 1,5 ч. С целью возможности обнаружения комплексного модифицирующего эффекта в состав реакционной массы дополнительно вводили ДЦПД в количестве 5–20 мас. %, нефтяной битум 5–7,5 мас. % и зеленое масло до 10 мас. %. Таким образом, был получен ряд образцов модифицированных связующих.

Сравнительная оценка пределов прочности при сжатии серных цементов, полученных на основе связующих (табл. 1), свидетельствует об их относительно высокой прочности. Значения предела прочности при сжатии образцов, содержащих полисульфидное связующее (ПС:наполнитель = 1:1 мас., приготовлен горячим способом в расплаве при 140°C), приведены в табл. 1.

Максимальный предел прочности наблюдается при содержании общей серы в составе, не превышающем 70 мас. %. Анализируя полученные результаты, можно заключить, что применение полисульфидов в качестве связующих позволяет получить серные цементы со сравнительно высокими прочностными показателями.

Следует отметить наличие запаха, характерного для низкомолекулярных меркаптанов, в процессе приготовления серного цемента, что подтвердилось экспериментально. Проведенный анализ ПС на содержание гидросульфидных групп показал, что во всех синтезированных продуктах содержится более 10% SH-групп (табл. 2). Результаты анализа синтезированных полисульфидов на содержание серы и гидросульфидных групп приведены в табл. 2.

Поскольку известно, что сульфиды и хорошо очищенные тиоэфиры обладают нейтральным запахом,

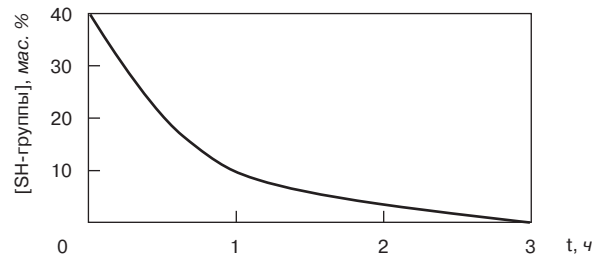


Рис. 2. Зависимость содержания SH-групп от времени взаимодействия (t) пропилмеркаптана с оксидом магния (мольное соотношение 2:1, температура реакции 60°C)

гидросульфидные группы были переведены в сульфидные по реакции их взаимодействия с оксидами металлов [5]. Меркаптаны ведут себя как слабые кислоты, поэтому возможна реакция с оксидами металлов. Предварительно вероятность осуществления данного процесса была оценена на модельной реакции взаимодействия пропилмеркаптана с оксидом магния.

Реакцию проводили без растворителя при комнатной температуре и при нагревании. Реагенты (пропилмеркаптан и оксид магния) были взяты в мольном соотношении 2:1. Контроль за ходом процесса осуществляли путем отбора проб и определения содержания SH-групп. При комнатной температуре процесс завершился за 24 ч. При температуре 60°C (предел, обусловленный температурой кипения пропилмеркаптана) полное исчерпание SH-групп происходит за 3 ч (рис. 2). При этом продукты реакции не имели неприятного запаха.

Исследование же взаимодействия модифицированных связующих с оксидом магния проводили при мольном соотношении в расчете на гидросульфидные группы, ПС-SH:MgO=2:1 в расплаве, при температуре 125°C и 135°C с периодическим отбором проб. Необходимое количество оксида металла для взаимодействия с ПС определяли на основе предварительного анализа на содержание SH-групп. Экспериментальные данные показали, что в выбранных условиях полное исчерпание SH-групп происходит через 60–80 мин (рис. 3).

Для дальнейших исследований были получены составы ПС-связующих, модифицированных неперделными углеводородами и оксидом магния. Для этого на первой стадии проводили синтез полисульфида (90 мин, 130–135°C), после чего, отобрав пробу и определив количество SH-групп, добавляли расчетное количество оксида магния и продолжали реакцию еще 60 мин. Получаемые продукты не имели неприятного запаха как при комнатной температуре, так и при нагревании до 130–135°C.

Установлено, что введение оксида магния на изменение прочностных показателей серного цемента влияния не оказывает (табл. 3).

Зависимость предела прочности при сжатии образцов от содержания полисульфидного связующего, модифицированного оксидом магния (мольное соотноше-

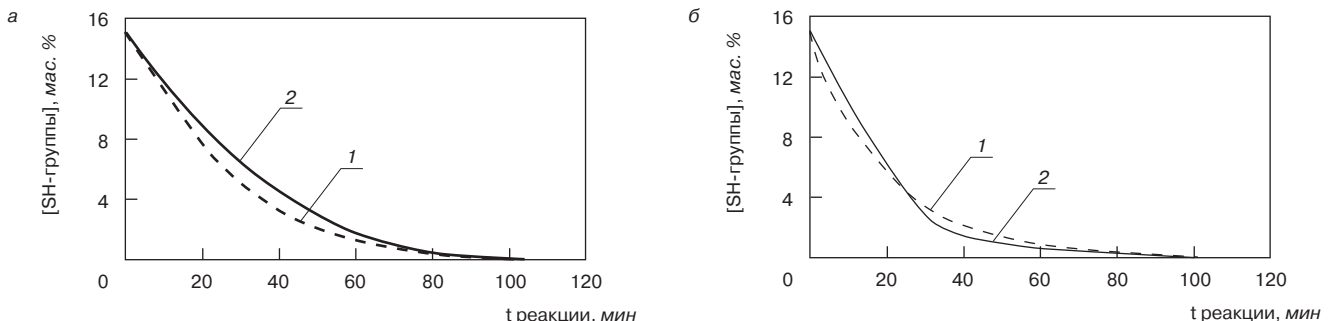


Рис. 3. Зависимость содержания SH-групп от времени реакции (t) полисульфида с MgO при температуре: 1 – 125°C; 2 – 135°C: а – образец № 1; б – образец № 2

Таблица 3

Состав исходного полисульфида		Предел прочности при сжатии, МПа
Наименование	Содержание серы, мас. %	
S <sub>x</sub> : НПС	70	62
S <sub>x</sub> : НПС:битум БНД 60/90	70	53
S <sub>x</sub> : НПС:ДЦПД	70	61
S <sub>x</sub> : НПС	80	44
S <sub>x</sub> : НПС:битум БНД 60/90	80	58
S <sub>x</sub> : НПС:ДЦПД	80	64

Таблица 4

Состав полисульфида		Т нач. потери массы, °С	Т размягч., °С	Т каплепад., °С
Название компонентов	Соотношение, мас. %			
S <sub>x</sub> : НПС	70:30	175	110	127
S <sub>x</sub> : НПС	80:20	203	109	1126
S <sub>x</sub> : НПС:битум БНД 60/90	70:22,5:7,5	195	106	125
S <sub>x</sub> : НПС:битум БНД 60/90	80:15:5	181	106	124
S <sub>x</sub> : НПС:ДЦПД	70:22,5:7,5	160	115	129
S <sub>x</sub> : НПС:ДЦПД	80:15:5	163	119	129

ние ПС-SH:MgO=2:1), где ПС-SH/MgO:наполнитель=1:1 мас. приготовлен горячим способом в расплаве, показана в табл. 3.

Поскольку технология производства серного цемента и бетона является горячей, важными характеристиками сероорганических связующих, отражающих их практическую ценность, являются: термическая стабильность, температура размягчения, температура каплепадения. Зависимость температуры размягчения, каплепадения, начала потери массы синтезированных полисульфидов, модифицированных оксидом магния (мольное соотношение ПС-SH:MgO=2:1), от состава полисульфида показана в табл. 4.

Термостабильность полученных полисульфидов оценивали при помощи термогравиметрического анализа. Из экспериментальных данных следует, что модифицированные оксидом магния полисульфиды обладают достаточной термостабильностью (температура начала потери массы для всех синтезированных образцов лежит выше 160°C) (табл. 4).

Температура размягчения связующих, определенная с помощью термомеханического анализа, лежит в интервале 106–119°C (табл. 4). В частности, образцы, содержащие битум, отличает большая пластичность, более низкая температура размягчения по сравнению с образцами, модифицированными ДЦПД.

Температура каплепадения исследуемых образцов в интервале 124–129°C (табл. 4). Данный параметр определяет переход твердого связующего в текучее состояние, следовательно, обуславливает возможность более равномерного смешивания ингредиентов строительной смеси.

Полученные результаты позволяют заключить, что разработанные модифицированные серные связующие могут быть применены в технологии серного цемента и

бетона, поскольку их термическое поведение коррелирует с ее общими требованиями.

**Выводы**

1. Синтезированы новые серные связующие, модифицированные нефтеполимерной смолой, которые могут быть применены в технологии производства серных цементов и бетонов строительного назначения. Установлено, что такие цементы имеют прочность при сжатии до 65 МПа.

2. Решена задача устранения специфического запаха серных связующих путем перевода гидросульфидных групп в сульфидные по реакции взаимодействия с оксидом магния.

**Список литературы**

1. Сапрыкин Г.П., Данильян Э.В., Корост О., Бахтинов И. Эффективность использования добавок в бетон // Мат. XXXVII науч.-технич. конф. и по итогам работы профессорско-преподавательского состава СевКавГТУ. Естественные и точные науки. Технические и прикладные науки. Ставрополь: СевКавГТУ, 2008. 236 с.
2. Хозин В.Г., Порфирьева Р.Т., Фомин А.Ю. и др. Эффективное вяжущее на основе органического полисульфида // Известия Каз. гос. архитектурно-строительной академии, 2003. №1. С.62–64.
3. Аверко-Антонович Л.А., Кирпичников П.А., Смылова Р.А. Полисульфидные олигомеры и герметики на их основе. Л.: Химия, 1983. 128 с.
4. Днепровский А.С., Темникова Т.И. Теоретические основы органической химии. 2-е изд. Л.: Химия, 1991. 281 с.
5. Беленький А.И. Получение и свойства органических соединений серы. М.: Химия, 1998. 506 с.

**В издательстве «Стройматериалы» вышла новая книга**



**В.И. Корнеев, П.В. Зозуля**  
**СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ**  
**СОСТАВ, СВОЙСТВА**

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

Изложены основы современных представлений о сухих строительных смесях и растворах.

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

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

**По вопросам приобретения книги обращаться по тел./факсу: (495) 976-22-08, 976-20-36**  
**E-mail: mail@rifsm.ru**



В.Е. РУМЯНЦЕВА, канд. техн. наук, С.В. ФЕДОСОВ, д-р техн. наук, академик РААСН, Ивановский государственный архитектурно-строительный университет

## Некоторые теоретические и прикладные аспекты противокоррозионной защиты арматурной стали

Железобетон в настоящее время является одним из самых распространенных строительных материалов. По долговечности и надежности его можно сравнить с природными каменными материалами.

Однако опыт эксплуатации конструкций из железобетона показывает, что достаточно часто встречаются случаи разрушения объектов задолго до окончания проектного срока их эксплуатации. Причина этого кроется в коррозионных процессах. Основные потери от коррозии связаны с выходом из строя железобетонных конструкций, объектов жилищно-коммунального комплекса, зданий и сооружений различного назначения и связанные с этим затраты на ликвидацию последствий техногенных катастроф.

Одна из основных задач коррозионных исследований — это разработка методов защиты металлов от коррозионного разрушения и, как следствие, повышение долговечности строительной конструкции.

Железобетон — это сочетание бетона и стальной арматуры, монолитно соединенных и работающих в конструкции как единое целое [1]. Обычно арматура находится под надежной защитой бетона, но встречаются случаи, когда целостность защитного слоя нарушается.

Выделяют две основные схемы развития коррозии железобетонных конструкций [2]. По первой коррозия арматуры начинается после разрушения бетона в защитном слое, т. е. причина повреждения конструкции заключается в недостаточной стойкости бетона.

Развитие коррозии по второй схеме начинается с арматуры, когда бетон не обладает достаточными защитными свойствами, но и не разрушается под действием среды, которая в данном случае не является по отношению к нему агрессивной. Разрушение бетона происхо-

дит под давлением растущей на арматуре ржавчины, т. е. носит чисто механический характер.

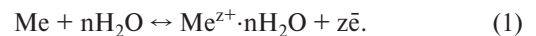
Известно [3], что стальная арматура в бетоне защищена до тех пор, пока не нарушено ее пассивное состояние. Нарушение пассивности может произойти по целому ряду причин.

Основными можно назвать карбонизацию бетона, в результате чего рН среды становится равным 9, а коррозия может начаться даже при частичной карбонизации при рН=11.

Другой причиной является загрязнение среды вредными газами и поступление к поверхности стали активирующих ионов, например хлора [4].

Коррозия арматурной стали в бетоне электрохимическая по своему характеру и зависит как от свойств самой арматурной стали, так и от свойств и структуры бетона, а также от характера окружающей среды, в которой эксплуатируется конструкция [5].

По теории необратимых электродных потенциалов металлов А.М. Фрумкина электрохимическое саморазрушение (коррозия) металлов является результатом нарушения равновесного обмена катионами между металлом и раствором [6]:



Арматурная сталь представляет собой твердый раствор железа с углеродом с примесью различных элементов (марганца, кремния, серы, фосфора), т. е. является технически неоднородной. Это приводит к появлению локальных коррозионных процессов и проявляется в работе множества микроскопических, короткозамкнутых гальванических элементов, состоящих из анодов и катодов, возникающих на поверхности металла при контакте с электролитом [5].

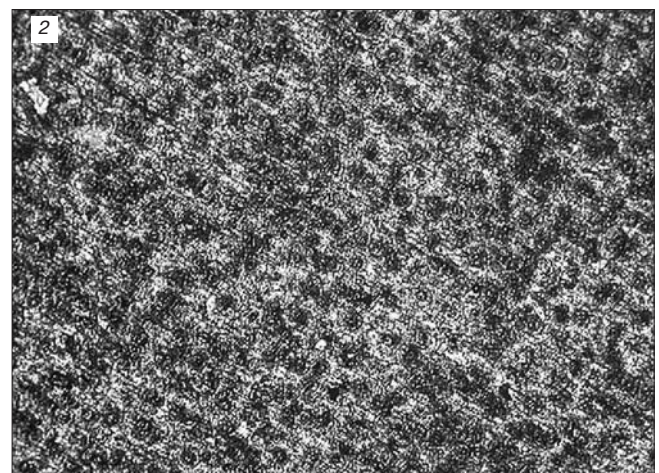
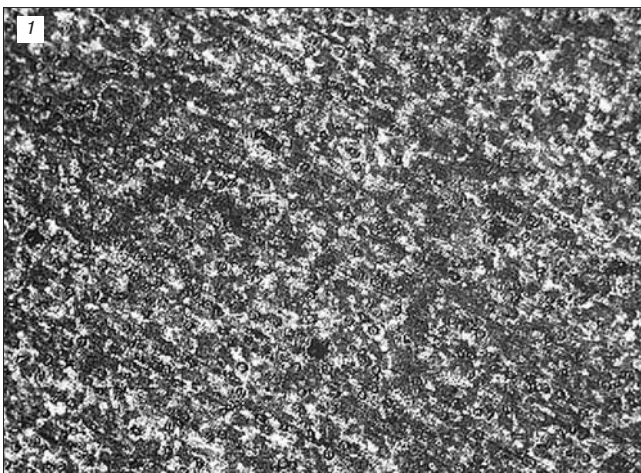


Рис. 1. Микрофотографии ( $\times 500$ ) поверхности стали с фосфатной пленкой после обработки в растворах: 1 — традиционный раствор; 2 — с добавкой сахара

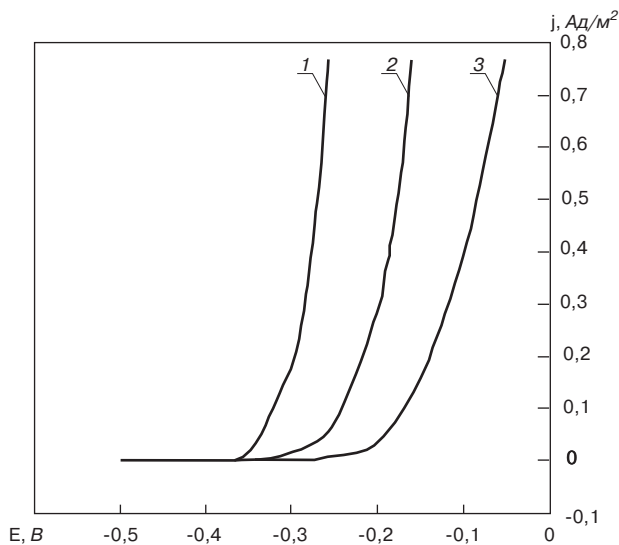


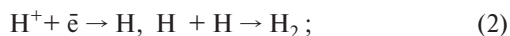
Рис. 2. Анодные потенциодинамические кривые электрода из арматурной стали в растворе NaCl 2 г/л: 1 – сталь без обработки; 2 – сталь, обработанная в традиционном растворе фосфатирования; 3 – сталь, обработанная в растворе с добавкой сахарина. T = 298 K; V = 5 мВ/с

Установлено, что бетон всегда содержит воду не только химически связанную при гидратации цемента, но и физически связанную – капиллярную и осмотическую. Физически связанная вода выступает в роли электролита – проводника электронов между анодными и катодными участками поверхности стали [7].

Электрохимическая коррозия, то есть деятельность коррозионных гальванических пар, явление довольно сложное, включающее ряд элементарных процессов. На анодных участках имеет место анодный процесс – переход в раствор ионов металла и их гидратация с освобождением избыточных электронов, которые, оставаясь в металле, движутся к катодному участку.

Наиболее практически важными разновидностями катодного процесса являются [2]:

– катодная реакция восстановления иона водорода (водородная деполяризация):

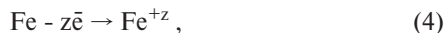


– катодная реакция восстановления кислорода с превращением его в ион гидроксидов (кислородная деполяризация):



Происходящая в природе и технике коррозия в большинстве своем связана с восстановлением молекулярного кислорода. Коррозия стали в бетоне идет с кислородной деполяризацией.

Анодный процесс протекает по реакции:



где z = 2, 3.

Катодный и анодный процессы обычно идут на разных участках поверхности металла, и электроны, избыточные у анодов, передвигаются в металле к катодам. Соответственно в растворе происходит непрерывное перемещение ионов.

Для предотвращения коррозии стальной арматуры в состав бетонной смеси вводят ингибиторы (нитрат и нитрит калия и др.), но действие этих компонентов с течением времени падает. Также ингибирующие добавки могут негативно влиять на механические и физические свойства бетона [8].

Другим способом торможения коррозии является нанесение на стальную арматуру защитного покрытия, которое изолировало бы ее от воздействия агрессивных

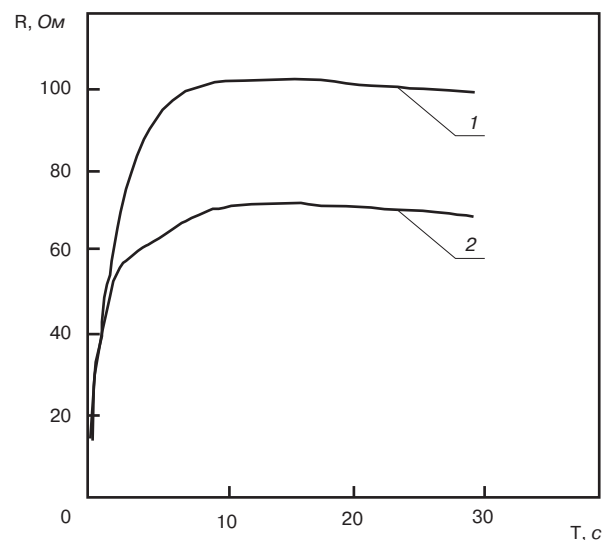


Рис. 3. Зависимость сопротивления двухэлектродной системы от времени выдержки в растворах: 1 – традиционный раствор; 2 – раствор с добавкой сахарина

веществ. Такого рода покрытия могут быть оксидные, фосфатные или полимерные с высокими антикоррозионными свойствами [9, 10].

Наиболее перспективным является создание на стали фосфатной пленки из растворов холодного фосфатирования по целому ряду причин. Во-первых, покрываемое изделие не требует подготовительных работ (обезжиривания, травления, активации и т. д.). Во-вторых, растворы не содержат вредных и экологически опасных веществ. В-третьих, ведение процесса при комнатной температуре уменьшает энергозатраты, снижает наводороживание стали и обеспечивает формирование мелкокристаллической пленки.

Однако традиционно применяемые растворы холодного фосфатирования имеют ряд серьезных недостатков. Продолжительность процесса, не совсем удовлетворительные защитные свойства покрытия, большое количество нерастворимых фосфатов железа, выпадающих в виде шлама и затрудняющих процесс фосфатирования и др. сдерживают широкое применение холодного фосфатирования.

Целью данной работы было модифицирование существующих растворов холодного фосфатирования [11, 12] и адаптация их для применения в строительной индустрии.

Исследования проводили на образцах стали арматурной термомеханической упрочненной А240 (А-I), растворы для холодного фосфатирования готовили из реактивов марки «х. ч.» и дистиллированной воды.

В традиционный раствор холодного фосфатирования состава – мажеф (фосфорно-кислые соли марганца и железа) 30–40 г/л; Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 50–60 г/л; NaNO<sub>2</sub> 3–4 г/л [12] был добавлен 1 г/л сахарина. На образцах из стальной арматуры получили фосфатные покрытия из традиционного раствора и с добавкой сахарина. Время формирования покрытия составляло 20 мин. Сахарин повышает стойкость пленки и является ингибитором коррозии стали [8]. По-видимому, он адсорбируется на активных центрах коррозии стали и тем самым увеличивает количество центров кристаллизации. В результате поверхность пленки приобретает более мелкокристаллическую структуру по сравнению с пленкой, полученной из традиционного раствора (рис. 1). После выдержки на воздухе в течение 1 сут защитная способность пленки возрастает в результате окисления железа в порах пленки.

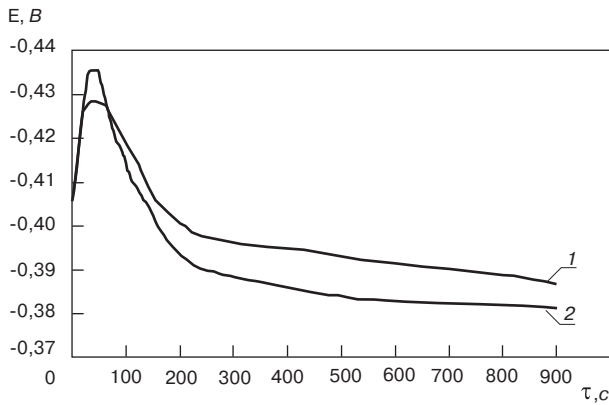


Рис. 4. Зависимость потенциала стального электрода от времени выдержки в растворах: 1 – традиционный раствор; 2 – с добавкой сахара

Аналогичные результаты были получены в ходе поляризационных измерений в растворе NaCl с концентрацией 2 г/л (рис. 2).

Увеличение поляризации при испытании образцов с покрытием, сформированным в растворе фосфатирования, содержащем сахарин, свидетельствует о повышении защитных свойств пленки.

Следующим испытанием стальной арматуры было измерение сопротивления поляризации при фосфатировании (рис. 3). Большее значение сопротивления в растворе с сахарином свидетельствует о том, что защитное покрытие имеет меньшую пористость и более мелкокристаллическую структуру. Кроме того, из графика видно, что добавление сахара уменьшает время фосфатирования стальной арматуры, поскольку максимальное значение сопротивления достигается уже через 10 мин обработки.

Дополнительные сведения о фосфатировании были получены в ходе хронопотенциометрических исследований. Для этого был измерен потенциал стальной арматуры при фосфатировании (рис. 4).

Пик на графике свидетельствует о том, что первым этапом является активация поверхности, т. е. стравливание естественной оксидной пленки с поверхности стали. Только после этого начинается фосфатирование, о чем свидетельствует смещение потенциала в область положительных значений. После 10–15 мин выдержки в фосфатирующем растворе с добавкой сахара потенциал стали стабилизируется, тогда как в традиционном растворе продолжается наращивание пленки. Эти данные хорошо согласуются с результатами, полученными при измерениях электрического сопротивления двухэлектродной системы. Таким образом, для формирования защитного слоя достаточно 10–15 мин фосфатирования в растворе с добавлением сахара.

В результате проведенных исследований был разработан модифицированный раствор для холодного фосфатирования арматурной стали следующего состава: мажеф – 30–40 г/л;  $Zn(NO_3)_2$  – 50–60 г/л;  $NaNO_2$  – 3–4 г/л; сахарин – 1–2 г/л; нитрилтриуксусная кислота – 5–7 г/л; препарат ОС–20 – 5–10 г/л;  $t = 20–30\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\tau_{\text{процесса}} = 10–15$  мин. По сравнению с традиционными предлагаемый раствор позволяет повысить коррозионную устойчивость стали с фосфатным покрытием, сократить продолжительность обработки, а также обладает большей работоспособностью и меньшей экологической опасностью.

Итогом проведенных авторами научных изысканий является патент на изобретение № 2370569 «Раствор для холодного фосфатирования стальной арматуры» от 20.10.2009.

**Ключевые слова:** коррозия, арматурная сталь, электродный потенциал, защитные покрытия, холодное фосфатирование, противокоррозионная защита.

### Список литературы

1. Политехнический словарь. / Под редакцией акад. А.Ю. Ишлинского. 2-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1980. 656 с.
2. Алексеев С. Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1968. 232 с.
3. Томашов Н. Д., Чернова Г.П. Пассивность и защита металлов от коррозии. М.: Наука, 1962. 208 с.
4. Алексеев С. Н., Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде. М.: Стройиздат, 1976. 205 с.
5. Бабушкин В.И. Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона. М.: Изд-во литературы по строительству, 1968. 187 с.
6. Фрумкин А.Н. Кинетика электродных процессов. М.: Наука, 1952. 319 с.
7. Шалимо М.А. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Минск: Высшая школа, 1986. 200 с.
8. Алексеев С.Н., Ратинов В.Б., Розенталь Н.К. и др. Ингибиторы коррозии в стали в железобетонных конструкциях. М.: Стройиздат, 1985. 272 с.
9. Федосова Н.Л., Румянцева В.Е., Румянцева К.Е. и др. Антикоррозионная защита металлов в строительстве. Иваново: ИГАСУ, 2010. 188 с.
10. Горшков В.К., Разговоров П.Б., Ершова Т.В. и др. Защита строительных конструкций от коррозии. Иваново: ИГХТУ, 2003. 192 с.
11. Грилихес С. Я. Оксидирование и фосфатирование металлов. Л.: Химия, 1971. 81 с.
12. Хаин И.И. Теория и практика фосфатирования металлов. Л.: Химия, 1973. 312 с.
13. Фрейман Л.И., Макаров В.А., Брыскин И.Е. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите. Л.: Химия, 1972. 240 с.

## информация

### Совещание рабочей группы по новому ГОСТу

В настоящее время перед производителями гипсовых материалов стоит вопрос о разработке новых стандартов продукции. По данным Международной организации по стандартизации ISO, ежегодно должно обновляться не менее 10% действующих стандартов, иначе возникает стагнация экономики. Срок действия стандарта, как правило, не может превышать 10 лет.

Стандарт на гипсовые вяжущие (ГОСТ 125–79) был разработан в 1979 г. За это время появилось много новых материалов и изделий – сухие строительные смеси, пазогребневые перегородочные плиты, выходит на рынок ангидритовое вяжущее.

По инициативе Российской гипсовой ассоциации техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство» была создана рабочая группа по разработке межгосударственных стандартов «Вяжущие гипсовые. Технические условия» (взамен ГОСТ 125–79 и ГОСТ 26871–86) и «Плиты гипсовые для перегородок. Технические условия» (взамен ГОСТ 6428–83).

В состав рабочей группы вошли ученые ведущих научно-исследовательских институтов и специалисты крупнейших предприятий по переработке и производству гипсовых материалов. Руководителем рабочей группы назначен заведующий отделом гипсовых материалов и изделий ОАО «ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова», исполнительный директор Российской гипсовой ассоциации А.Ф. Бурьянов.

Во время работы выставки МОСБИЛД на стенде корпорации «ВОЛМА» состоялась встреча рабочей группы. На повестке дня – рассмотрение первой редакции ГОСТ «Плиты гипсовые пазогребневые для стен и перегородок. Технические условия».

Основное сообщение по теме сделала заведующая отделом стандартизации ОАО «ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова» О.Н. Токаева. В обсуждении проекта приняли участие члены рабочей группы – И.В. Бессонов (НИИСФ), В.М. Кузнецова, В.И. Нефедов (корпорация «ВОЛМА»), В.И. Коженикова, Е.А. Шерухаева (Самарский гипсовый комбинат), Г.В. Панова и др.

После обмена мнениями и внесения правок и корректив было принято решение разослать проект первой редакции ГОСТа на все предприятия гипсовой отрасли для обсуждения, а также разместить проект на сайте Российской гипсовой ассоциации ([www.rosgps.ru](http://www.rosgps.ru)).

А.А. ГОРБАТОВСКИЙ, инженер (shimoda2001@mail.ru),  
С.В. ДРОНОВ, канд. техн. наук, Государственный технический университет;  
А.А. ИВАНОВ, зам. ген. директора НПО «Гранит» (Санкт-Петербург)

## Свойства герметиков для санации трещин и особенности их применения

Наиболее часто встречающимся и характерным дефектом дорожного покрытия можно назвать трещины, как продольные, так и поперечные, образующиеся на разных сроках эксплуатации дороги.

Как правило, к причинам возникновения трещин можно отнести нарушение технологии устройства асфальтобетонного покрытия, изменение несущей способности дороги и перепады температур, повлекшие внутренние напряжения и образование разрывов сплошности полотна, то есть трещин.

Вне зависимости от условий образования даже малейшая трещина может повлечь интенсивное разрушение дороги, начиная с кромок и заканчивая участками основания дороги. Особенно быстро идет процесс в сырую погоду и при температуре воздуха около 0°C. При попадании в трещину влага начинает «работать», расширяясь и разрывая микроразрывы асфальтобетонного покрытия, ослабляя его структуру. При оттаивании влага из практически замкнутого пространства трещины не испаряется, а благодаря капиллярным силам проникает во все доступные молекулам воды зоны. В случае проникновения влаги в основание разрушение дорожного покрытия протекает наиболее быстро.

Воздействие транспорта приводит к выносу элементов асфальтобетона и расширению (раскрыванию) трещин. При дальнейших перепадах температур трещины начинают работать как деформационные швы, расширяясь при охлаждении ночью и зимой и сужаясь при нагревании днем и летом в соответствующей степени.

Повторяющиеся процессы замораживания-оттаивания дорожного покрытия в значительной мере ускоряют разрушение, приводя к образованию ям и выбоин.

Как правило, дорожно-ремонтные службы не уделяют должного внимания незначительным на первый взгляд дефектам. Это приводит к постепенному ухудшению состояния дороги и впоследствии к необходимости проведения дорогостоящего ямочного ремонта.

Таблица 1

Показатель	
Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	65
Отношение прочности сцепления с основанием к пределу прочности при растяжении, не менее	1
Относительное удлинение при растяжении при -20°C, %, не менее	30
Упругость, %, не менее	35
Упругость после искусственного старения, %, не менее	30
Водопоглощение, %, не более	0,2
Пенетрация (глубина проникания иглы при 25°C), 0,1 мм, не более	160

Своевременный ремонт, или так называемая санация трещин, может предотвратить дальнейшее развитие разрушения дорожного полотна, свести к минимуму необходимость в ямочном ремонте и продлить сроки между капитальными ремонтами.

Процесс санации трещин требует минимума техники и при начальных сроках эксплуатации дороги может сводиться к очистке полостей дефектов покрытия и заливке их битумной мастикой. На ранних стадиях развития трещин вполне допустимо использовать битумы дорожных марок, например БНД 60/90, но в большинстве случаев немодифицированные битумы не могут эффективно герметизировать разрушения из-за невысокой температуры размягчения и недостаточной эластичности при низкой температуре.

Технология ремонта трещин включает в себя следующие операции [1]:

- разделка (расширение краев) трещины специальным нарезчиком швов с фрезерующим диском для удаления поврежденного материала покрытия, примыкающего непосредственно к кромкам трещины;
- очистка трещины от пыли и грязи с помощью щеточных машин;
- продувка сжатым воздухом;
- по необходимости грунтование стенок трещины праймером;
- герметизация трещины горячей (в зависимости от типа) мастикой.

Для нагрева и заливки мастики в полости трещины следует использовать специальные машины – котлы-заливщики, представляющие собой опосредованно обогреваемые емкости, в большинстве случаев на колесной базе (некоторые варианты самоходные). Современные модели оборудованы терморегуляторами для соблюдения температурного режима разогрева битумно-полимерных материалов.

Как правило, рекомендуемые температура и время разогрева битумно-полимерных или резинобитумных композиций находятся в пределах 150–190°C и 1–6 ч соответственно. В нормативной документации ограничивают максимальное время хранения мастик в нагретом состоянии 6 ч. Известно, что иногда дорогостоящие (по сравнению с битумом) мастики разогревают без соблюдения тепловых ограничений (до 240–260°C), указываемых производителем, зачастую даже на открытом огне в подручных емкостях. В этом случае вследствие протекания процессов термического разложения компонентов мастики происходит неконтролируемое изменение свойств материала и мастика становится практически непригодной для дальнейшего использования.

С другой стороны, при разогреве мастик следует контролировать и нижний температурный предел, так как при определенной температуре мастика становится слишком вязкой, что приводит к ряду сложностей в ее

Таблица 2

Показатель	Ш-75	Ш-90	Ш-100
Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	75	90	100
Отношение прочности сцепления с основанием к пределу прочности при растяжении, не менее	1	1	1
Относительное удлинение при растяжении при -20°С, %, не менее	120	100	50
Упругость, %, не менее	45	50	50
Упругость после искусственного старения, %, не менее	40	45	45
Водопоглощение, %, не более	0,2	0,2	0,2
Пенетрация (проникание иглы при 25°С), 0,1 мм, не более	160	140	140
Температура хрупкости, °С, не выше	-30	-30	-30
Дорожно-климатическая зона	I–II	III–V	V
Температурные пределы эксплуатации, °С	-45 – + 60	-30 – + 80	-20 – +90

применении, например к закупориванию штуцеров и шлангов котла-заливщика. При таких условиях заполнение полостей трещин мастикой будет неполным из-за преждевременного застывания. Кроме того, материал слабо связывается с поверхностью из-за низкой степени проникновения мастики в микротрещины и соответственно невысокой площади соприкосновения со стенками трещины.

Поэтому большое значение для качественной санации трещин имеет соблюдение как технологии применения битумно-полимерных мастик, так и правильный выбор марки мастики из ассортимента, представленного на рынке. При этом следует учитывать климатические особенности местности и температурные перепады в течение года, эксплуатационные показатели материалов и опыт использования мастик при разных условиях [2].

Относительно недавно на российском рынке строительных материалов появилась мастика марки Т-65 производства белорусской фирмы «Неман» для проведения санации трещин без их разделки. Основное ее отличие – сравнительно низкая температура размягчения, облегчающая подготовку мастики к работе и использование при заливке трещин. Благодаря низкой вязкости при рабочей температуре она очень легко проникает в полость трещины и заполняет ее, обеспечивая при этом отличное сцепление с поверхностью. Некоторые физико-механические показатели приведены в табл. 1 (по СТБ 1092–2006).

Опыт использования мастики Т-65 свидетельствует об отличных эксплуатационных ее характеристиках и удобстве применения, особенно при срочных работах. Несмотря на то что при работе с Т-65 разделку трещины можно не проводить, мастика способна изолировать полость от влаги и эффективно работать на расширение-сжатие в пределах 1–3 лет.

В случае значительных размеров трещин (шириной от 10 мм) следует использовать герметики с большей

теплостойкостью, которую косвенно характеризует температура размягчения, и эластичностью. В качестве примера можно привести серию мастик марки Ш (шовная), производства фирмы «Неман»: Ш-75, Ш-90 и Ш-100. Они обладают высокими эксплуатационными характеристиками и хорошо зарекомендовали себя при выполнении дорожных работ. В зависимости от климатических условий можно выбрать мастику, которая по свойствам наиболее подходит для конкретного региона. Основные показатели этих мастик приведены в табл. 2.

Таким образом, для каждого конкретного случая ремонта можно подобрать соответствующую битумно-полимерную мастику, которая при соблюдении технологии применения будет эффективно герметизировать трещину в течение длительного периода. При этом перечень оборудования для качественной санации трещин является относительно небольшим и доступным для большинства дорожно-ремонтных организаций. Значение же такого ремонта сложно переоценить, учитывая расходы, которые можно избежать при своевременной обработке дорожного покрытия.

**Ключевые слова:** герметизация трещин, битумно-полимерные герметики, дорожный ремонт.

**Список литературы**

1. Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования (взамен ВСН 24–88). Отраслевой дорожный методический документ.
2. Руководство по производству работ дорожным мастером (при содержании и ремонте автомобильных дорог).

**В издательстве «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»  
ВЫШЕЛ ДАЙДЖЕСТ  
«Сухие строительные смеси»  
Часть 2**

В дайджест вошли статьи, опубликованные в журнале «Строительные материалы»® за 2004–2008 гг. – всего более 60 статей по тематическим разделам:

- компоненты для производства ССС;
- технология и оборудование;
- результаты научных исследований;
- применение ССС;
- рынок ССС.



Для приобретения дайджеста следует направлять заявку произвольной формы в издательство по факсу или электронной почте.

**Не забудьте указать наименование организации, почтовый адрес доставки, ФИО получателя.**

**Телефон/факс:  
(495) 976-20-36, 976-22-08**

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

Г.Н. ШИБАЕВА, канд. техн. наук (shibaevagn@mail.ru), Хакасский технический институт – филиал ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» (Абакан)

## Шпатлевка на основе полимерсиликатного вяжущего и отходов гидролизного производства

Улучшение качества строительных изделий и конструкций, повышение их заводской готовности относятся к числу важных технологических задач. Расходы на устранение дефектов поверхности конструкций составляют до 30% стоимости отделки. В связи с этим постоянно разрабатываются новые композиции для выравнивания поверхности и ее подготовки к окончательной отделке.

Основу выравнивающих композиций могут составлять минеральные и органические, в основном полимерные, связующие, от которых зависят основные свойства композиций. Согласно теории композиционных материалов существенную роль в формировании свойств композитов выполняют также наполнители минерального или органического происхождения.

В Хакасском техническом институте – филиале ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» разработана новая выравнивающая композиция. В качестве основы принят блок компонентов, часто используемый в известково-меловых шпатлевках, – известковое тесто, животный клей, молотый мел. В целях улучшения свойств композиции предложено добавить в вяжущую часть жидкое стекло и бутадиен-стирольный латекс, в качестве наполнителя использовать гидролизный сернокислотный лигнин. При этом жидкое стекло повышает прочность и теплостойкость состава; бутадиен-стирольный латекс уменьшает усадку, повышает водостойкость и эластичность, а также способствует его совмещению с лигнином; лигнин выполняет роль наполнителя, активно взаимодействующего с вяжущим и понижающего щелочность системы.

Лигнин является многотоннажным отходом гидролизного производства. По химической структуре представляет собой трехмерный полимер ароматической природы, имеющий большое количество функциональных групп. В связи с этим эластичность лигнина невелика, однако несколько больше, чем у твердых минеральных наполнителей. В связи с присутствием остатков серной кислоты (до 2,5%) имеет кислую реакцию (рН = 3,5–4). Пористость лигнина 83,5–85%; насыпная плотность 200 кг/м<sup>3</sup>;

теплопроводность 0,046–0,079 Вт/(м·°С) в зависимости от влажности; набухание до 1,5% [1].

Методом планирования эксперимента получена оптимальная рецептура шпатлевки (мас. %): известковое тесто 19–24; 10% водный раствор животного клея 11–14; молотый мел 28–33; порошок гидролизного лигнина 10–12; жидкое стекло 7–8; бутадиен-стирольный латекс 3–7; вода – остальное. Состав признан изобретением, получено авторское свидетельство [2].

Исследование процесса твердения (погружением иглы прибора Вика) и набора прочности при сжатии (рис. 1) показало, что существует переходный период, когда шпатлевочная масса еще может раздвигаться, но уже имеет некоторую прочность при сжатии.

К возрасту 24 ч состав набирает прочность сцепления с поверхностью бетона, превышающую прочность на разрыв в массе состава. С практической точки зрения такой результат расценивается как положительный.

Так как частицы лигнина защищены уплотненной полимерсиликатной оболочкой от действия воды, гидроизоляционные свойства разработанного состава существенно выше, чем у цементно-песчаного раствора –

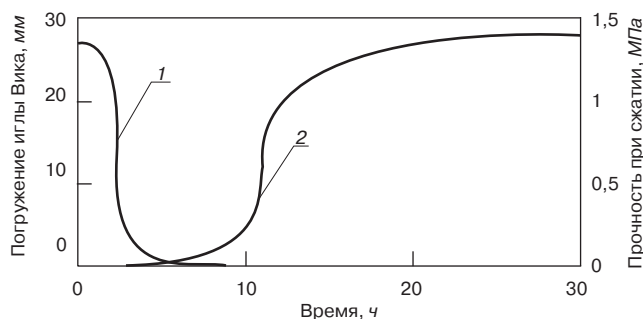


Рис. 1. Кинетика твердения (1) и набора прочности при сжатии (2)

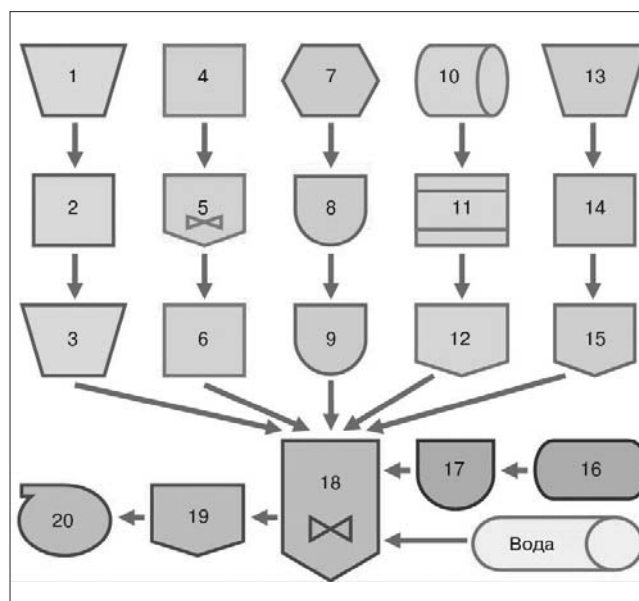


Рис. 2. Технологическая схема изготовления выравнивающего состава: 1 – известогасильный бак; 2 – отстойный бак; 3 – расходная емкость известкового теста; 4 – бак для набухания кусков клея; 5 – смеситель лопастной; 6 – емкость для антисептирования клея; 7 – дробилка; 8 – бак для растворения стекла; 9 – бак-накопитель; 10 – сушильный барабан; 11 – ситовой сепаратор; 12 – накопительный бункер фракционированного лигнина; 13 – мелотерка; 14 – бак гидрофобизации мела; 15 – накопительный бункер; 16 – емкость для латекса; 17 – бак стабилизации латекса; 18 – турбулентный смеситель; 19 – бункер готового состава; 20 – растворонасос

Таблица 1

Метод определения	Срок испытания, сут						
	1	5	10	15	20	25	30
Поверхностное поглощение воды покрытием, %	0,04	0,3	0,9	1,1	1,1	1,1	1,1
Линейные деформации образца-кубика 2×2×2 см при выдержке в воде, мкм	1	1,8	2,7	3	3,6	4	4
Объемное набухание образца-кубика, %	0,3	0,5	0,8	0,9	1	1,1	1,1

Таблица 2

Свойство	Разработанный состав	Известково-меловый состав без добавок
Погружение иглы прибора Вика (сразу после затворения) при 20°C, мм	27	23
Жизнеспособность при 20°C, сут	7	8,5
Удобнонаносимость	хорошая	хорошая
Время высыхания при 20°C, ч	1,7–3	1,9–3,4
Гибкость покрытия на цилиндре, мм	100	100
Твердость покрытия, усл. ед. по прибору М-3	0,28	0,35
Ударопрочность на приборе У-1а, см	45	24
Растяжимость на пресс-приборе, мм	0,9	0,5
Шлифуемость шкуркой с зерном № 8–10	хорошая	хорошая
Прочность при сжатии, МПа	1,2–1,4	1,3–1,5
Адгезионная прочность	0,3–0,35	0,2–0,28
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	40–44	25–30
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1230	1300–1320
Водопоглощение за 48 ч, мас. %	1,8–2,2	3,5–5,1
Объемное набухание за сут, %	0,3–0,5	0,7–0,9
Водостойкость за 48 ч	0,8–0,85	0,7–0,72
Морозостойкость за 10 циклов	0,85–0,9	0,75–0,8

основного компонента бетона, и помимо основной функции состав может служить защитно-изоляционным покрытием [3].

Набухание шпатлевки не превышает 1,1% как при поверхностном увлажнении покрытия, так и при выдержке в воде образцов-кубиков (табл. 1). Это свидетельствует об устойчивости структурных связей в шпатлевке и способствует повышению водостойкости покрытия (по сравнению с известково-меловой шпатлевкой без добавок).

Уплотненная структура шпатлевки приводит также к повышению теплостойкости и морозостойкости покрытия: покрытие сохраняет 80% прочности при повышении температуры до 70°C и после 40–50 циклов замораживания-оттаивания.

Приготовление шпатлевки включает несколько технологических самостоятельных операций (рис. 2).

Известковое тесто получают в известогасильных машинах, а в малых количествах известь гасится в стальных баках размером 2×2×1 м. Готовое тесто с 50% содержанием воды сливается в бак для отстаивания, откуда периодически забирается в расходную емкость.

Животный клей в товарном виде представляет плоские брикеты или плитки светло-коричневого цвета. Брикеты перед растворением заливают холодной водой для набухания на 10–12 ч. Набухший клей растворяют в воде при 60–70°C при постоянном перемешивании лопастным смесителем. Далее готовят 10% водный

раствор клея с добавлением антисептика. Не допускается длительное хранение раствора во избежание желатинизации.

Для приготовления стекла натриевого жидкого силикат-глыбу предварительно измельчают, затем безавтоклавным способом растворяют куски силиката натрия в теплой (60–70°C) воде. Продукт, идущий в отделочный состав, представляет собой коллоидный раствор силиката натрия, имеющий плотность 1,3–1,35 г/см<sup>3</sup> при содержании воды 50–70%.

При приготовлении лигнина как компонента выравнивающего состава частицы крупностью до 40 мм с влажностью до 67% высушивают до влажности 5–7%. Сушка производится в барабанных сушилках, применяемых в технологии древесных плит.

Из данных гранулометрического состава следует, что подходящая для выравнивающего состава среднedisперсная фракция (размер частиц 0,14–0,315 мм) составляет 30% всей пробы. Таким образом, для выравнивающих составов может быть использована почти треть вырабатываемого и направляемого в отход лигнина. Это свидетельствует об экономической целесообразности изготовления составов, наполненных лигнином. Фракционирование производят на ситовом сепараторе. После отсева используемую фракцию собирают в накопительном бункере с защищенными от коррозии внутренними поверхностями стенок.

Молотый мел получают из органогенных известняков — мелкозернистых слабосцементированных пород белого цвета. Для данного выравнивающего состава используют молотый мел размером частиц 5–20 мкм. Помол кусков мела производится в мелотерке. Частицы мела склонны к образованию агрегатов сухого комкования, отрицательно влияющих на качество наполнителя. Для устранения этого недостатка мел подвергают гидрофобизации смесью стеарата кальция и стеариновой кислоты.

Если бутадииен-стирольный латекс не стабилизирован в заводских условиях, то прежде чем совмещать с высокощелочной средой растворимого стекла, его стабилизируют добавкой 2% казеината аммония.

Композицию готовят, загружая в турбулентный смеситель расчетное количество известкового теста, заливают раствор клея и жидкое стекло; смесь перемешивают в течение 4–6 мин. Затем в смеситель вводят гидролизный лигнин, перемешивают состав и в последнюю очередь загружают мел и стабилизированный латекс. Всю массу дополнительно перемешивают до однородного состояния, общее время перемешивания не превышает 15–20 мин. Воду добавляют в процессе перемешивания до получения пластичной массы с подвижностью 10–12 см по конусу СтройЦНИЛ.

Готовый состав доставляется на строительные объекты, где перекачивается растворонасосом к месту отделки конструктивных элементов. Нанесение состава на поверхность конструкций возможно как ручную, так и механизированным способом.

Полученная шпатлевка обладает повышенными технологическими (подвижность, жизнеспособность, удобоукладываемость) и эксплуатационными (адгезионная прочность, эластичность, ударопрочность, трещиностойкость, долговечность, тепло-, морозо- и водостойкость) свойствами (табл. 2).

**Ключевые слова:** шпатлевка, полимерсиликат, лигнин.

#### Список литературы

1. *Завадский В.Ф.* Лигноминеральные строительные материалы и изделия. Новосибирск: НГАСУ, 2004. 180 с.
2. *Плотников Э.П., Шибяева Г.Н.* Шпатлевка. А. с. 1775443 СССР. Оpubл. 15.11.92, Б.И. № 42.
3. *Магдалин А.А., Мартынов К.Я., Хрулев В.М.* Тепло- и гидроизоляционные материалы из лигнина и эффективность их применения в Хакасии. Абакан: Хакасское книжное издательство, 1994. 48 с.

## информация

# I Национальный конгресс «Комплексная безопасность в строительстве»

18–19 мая 2010 г. в Москве на ВВЦ прошел I Национальный конгресс «Комплексная безопасность в строительстве» в рамках международного салона «Комплексная безопасность 2010». Конгресс имеет статус федерального мероприятия и выполняет задачи ведущей отраслевой площадки для общения профессионалов, занимающихся вопросами безопасности предприятий строительного комплекса России.

В рамках конгресса прошла конференция «Комплексная безопасность в строительном комплексе и ЖКХ». Открывая конференцию, президент Ассоциации предприятий архитектурно-строительного и коммунального комплекса «АСКОМ» А.Н. Маршев сказал, что обеспечение безопасности в области строительства имеет цель — защита интересов граждан и прежде всего их жизни, здоровья, имущества. И потому формирование политики обеспечения безопасности в строительной отрасли должно проходить при активном участии общественных объединений, саморегулируемых организаций в области строительства.

В обращении к участникам конференции представитель полномочного представителя Президента РФ в Центральном федеральном округе А.Е. Соколов говорил о стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г., утвержденной Указом Президента РФ. Он отметил, что основным приоритетом национальной безопасности является государственная и общественная безопасность. Согласно стратегии для ее обеспечения необходимо укреплять режим безопасной работы предприятий, организаций и учреждений оборонно-промышленного, ядерного, химического и атомно-энергетического комплекса страны, а также объектов жизнеобеспечения населения.

Президент Ассоциации строителей России Н.П. Кошман подчеркнул, что в настоящее время вопросы обеспечения безопасности в сфере строительства приоритетны и требуют комплексного разрешения. Говоря о комплексной безопасности возводимого объекта, необходимо в первую очередь оценить все возможные угрозы, такие как пожар, взрывы, террористические акты, техногенные

аварии, и определить комплекс мероприятий по защите объекта от таких угроз. Определенные действия в этом направлении осуществляются. Также было отмечено, что проводимая в России реформа технического регулирования идет достаточно тяжело. Несовершенство первоначальной редакции Федерального закона «О техническом регулировании» фактически привело к потере нескольких бесценных лет. И сейчас, несмотря на все внесенные поправки, он нуждается в дальнейшем совершенствовании. Президент АСР высказал озабоченность тем, что закон позволяет применять в России иностранные стандарты без должной адаптации к российской технологической среде. Это может привести к потере для отечественных производителей российского рынка и проникновению на него недобросовестных участников из-за рубежа, появлению на территории Российской Федерации строительной продукции, не соответствующей основным требованиям безопасности.

Кроме того, были обсуждены общие вопросы безопасности в строительстве, техрегулирования и саморегулирования, безопасности при проектировании, повышения безопасности строительства и эксплуатации объектов топливно-энергетического комплекса и др.

В рамках мероприятия прошли круглые столы «Новые подходы к обеспечению пожарной безопасности в строительстве в свете законодательства о техническом регулировании»; «Повышение безопасности при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений»; «Вопросы безопасности и проблемы саморегулирования в проектировании».

*По материалам пресс-службы Ассоциации строителей России*



А.А. ПОЛЬНИКОВ, инженер (polnikova@mail.ru),  
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

## Изменение состава сухой смеси при струйном перемещении

Взаимодействие компонентов сухой смеси изменяется в пределах, обусловленных их физико-химическими свойствами и механизмом воздействия на материал. Существует несколько барьеров (граничных точек) этого воздействия, вблизи которых возникают или нарушаются структурные и линейные основные связи. Эти связи в сухих смесях можно было бы назвать критическими, но созвучие термина с сочетанием «критические явления» и различие механизмов взаимодействия делают такое сравнение некорректным с точки зрения традиционного определения термина. Здесь «критичность» следует рассматривать как критически напряженное состояние, связанное с вероятностью (случайной или статистической) проявления характерного дефекта в конкретном виде или месте. Критическое состояние в нашем понимании представляет собой определенное поле равной вероятности возникновения дефекта. Критические явления достаточно широко исследованы в жидкостях, коллоидных дисперсных растворах и твердых веществах. Достоверность этих исследований во многом определяется точностью инструментальных методов измерения размеров частиц, где велика вероятность ошибки.

В работе поставлен вопрос об использовании простых методов испытаний, основанных на анализе поведения (отклике) материала на характерное воздействие. Обычно характеристика сыпучих материалов рассматривается на основе статической аутогезии [1]. В практике необходимо определить, как изменяется состав при изменении температуры, давления, вибрации, высоты струйного сброса, срока хранения, влажности, освещенности, давления на слой, центробежной силы при транспортировке, силы разовой ударной нагрузки и др. Это приводит к иным методам исследования материала.

Для сухих составов с любым количеством компонентов в качестве модели рассмотрено взаимное процентное массовое соотношение одной пары компонентов А и Б, соотношение которых приведено в виде безразмерного **относительного коэффициента состава модуля смеси**  $K_{cc} = A/B$ . Под **модулем** в данном случае подразумевается единичный объем, многократно больший, чем объем максимальной частицы смеси. В процессе технологических операций изменяются условия, в которых пребывает данная сухая смесь. Для базовой оценки примем основные технологические условия (ОТУ): температура окружающего воздуха 15°C; атмосферное давление 1 кгс/см<sup>2</sup>, относительная влажность 60%. В зависимости от технологических воздействий на сухую смесь и оценки их влияния вводятся дополнительные технологические условия (ДТУ), указанные выше в качестве физических аргументов. Значения ДТУ принимаются по результатам исследования смеси. Назначение технических условий состояния смеси необходимо для определения сохранения основных связей и, как

следствие, для определения гарантийных обязательств по качеству.

При воздействии на сухую смесь определенного фактора происходит изменение  $K_{cc}$ , характер которого определяется противодействием сил внутренней связи компонентов силам возмущающего воздействия. Характер изменения  $K_{cc}$  позволяет определить предельные значения возмущающего воздействия для допустимого по техническим условиям диапазона изменения соотношения компонентов.

Внутренние связи сухих компонентов позволяют сохранять стабильность структуры с определенными свойствами до тех пор, пока на них не воздействовала физическая сила, способная их нарушить. Система внутренних связей определяет комплекс свойств сухой смеси. Важно определить предел воздействия, приводящего к нарушению связи, отвечающей за поддержание требуемого **основного устойчивого свойства (ОУС) смеси**. Данное усилие будет являться **пределом устойчивой связи (ПУС)**. В результате анализа набора ПУС системы с учетом принципа совмещения [2] определяется ОУС смеси, которое для определенного диапазона технологических условий будет стабильным. Эти условия принимаются за нормативные для данной смеси и через них определяются гарантийные обязательства.

Одним из проведенных автором исследований было определение изменения массового состава сухой смеси при струйном сбросе (перемешении) с различной высоты. Тщательно перемешанную смесь, состоящую из 75% песка фракции 0–0,63 мм и 25% портландцемента Д20 марки 400, равномерно высыпали струей со скоростью 0,1 кг/с с различной высоты (0, 10, 20, 30, 40 и 50 см) на ленту, которая равномерно горизонтально перемещалась со скоростью 0,1 м/с.

После рассыпания каждой порции смеси было проведено измерение процентного массового соотношения компонентов на десяти участках ленты с интервалом 0,1 м.

Способ определения состава смеси после сегрегации при сбросе с высоты состоял из следующих этапов:

- взвешивание частной порции смеси на участке  $i-(i+1)$ ;
- удаление растворимых компонентов (цемента) промывкой растворителем (водой);
- высушивание нерастворимого компонента (песка) до исходной влажности;
- взвешивание нерастворимого компонента с участка  $i-(i+1)$ ;
- определение процентного массового соотношения нерастворимых и растворимых компонентов с участка  $i-(i+1)$  по формуле:

$$K_{cc} = M_n / M_p = M_n / M_c - M_n,$$

где:  $K_{cc}$  – относительный коэффициент состава смеси;  $M_n$  – масса нерастворимых компонентов, г;  $M_c$  – сум-

Номер участка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M_c$	101,5	101,1	100,7	100,3	100,1	99,9	99,4	99,2	99	98,8
$M_H$	78,9	78	77,1	76,5	75,1	74,8	73,2	72,6	72,1	71,7
$M_p$	21,1	22	22,9	23,5	24,9	25,2	26,8	27,4	27,9	28,3
$K_{cc}$	3,739	3,545	3,367	3,255	3,016	2,968	2,731	2,650	2,58	2,534

марная масса смеси, г;  $M_p$  – масса растворимых компонентов, г.

В частности, данные измерений и расчетов при сбросе с высоты 50 см приведены в таблице.

В таблице номер участка определяет интервал от предыдущего номера до расчетного.

Суммарная масса смеси и масса нерастворимого компонента измерялась взвешиванием на лабораторных весах с точностью 0,05 г. Масса растворимого компонента и коэффициент состава смеси определялись расчетным путем.

Аналогичным образом определена сегрегация при сбросе струи смеси с высот 10, 20, 30 и 40 см. Исследуемые параметры отображены на рисунке, который представляет зависимость процентного соотношения состава слоев смеси от высоты сброса смеси.

Методика проведения измерений и расчетов имеет высокую степень достоверности по следующим характеристикам:

- прямое измерение массы имеет абсолютную погрешность +0,05 г, при этом относительная погрешность измерения при минимальном весе 21,1 г составляет не более 0,237%;
- для каждой порции отдельного участка проводится относительный подсчет соотношения, на который не влияет разброс масс и длин участков;
- вымывание растворимых компонентов проводится до визуального чистого растворителя, что свидетельствует об отсутствии растворенных компонентов;
- нерастворимые компоненты высушиваются до исходной влажности не более 0,1 %.

Для исследуемой строительной сухой смеси задан допустимый диапазон изменения состава, который будет определять проектную прочность готового изделия. Автором условно выбран состав, состоящий из 74–76 % песка фракции 0–0,63 мм и соответственно пропорции из 24–26% портландцемента Д20 марки 400. В случае исследования сегрегации при сбросе смеси с высоты определено допустимое изменение коэффициента состава смеси, которое будет в пределах

2,858–3,175 (горизонтально выделенное поле графика). Для выполнения необходимых технических условий по прочности готового изделия определено поле допустимой высоты струйного сброса смеси, которая корреляцией графика не должна превышать 22 см для сухой смеси выбранного состава.

Кроме того, наблюдается определенная зона, в которой при сбросе струи смеси с любой из исследуемых высот коэффициент состава смеси не превышает допустимого диапазона значений (вертикально выделенное поле графика). Это в данном случае означает, что при струйном сбросе смеси с высот в диапазоне 0–50 см в сечении 4,5–6,5 см смесь имеет устойчивое свойство, определенное связью между частицами песка и цемента, которое необходимо и достаточно для выполнения технических условий.

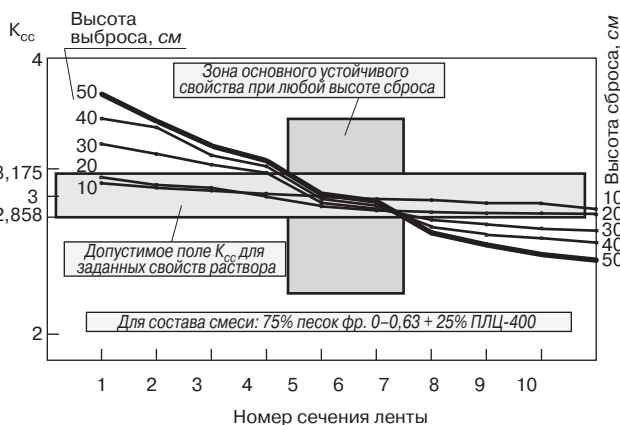
При организации направленного потока смеси можно расширить диапазон действия основного свойства методом совмещения и получить требуемый коэффициент состава смеси при сбросе с большей высоты. Это дает возможность смешения и транспортировки смеси методом непрерывного гравитационного смешения компонентов (метод ГСК), используя эффект кинематического трения [3].

Степень достоверности оценки  $K_{cc}$  принципиально зависит от точности отделения зерен компонентов смеси. При анализе смесей, состоящих из трех и более компонентов, возникает некоторая технологическая сложность по разделению этих компонентов, но она решается при применении необходимых инструментальных способов и химических реактивов. При разделении смеси методом вымывания растворимого компонента нарушается связь между частицами, которая является основным устойчивым свойством во всем диапазоне изменяющегося при возмущающем воздействии состава смеси. Но при сбросе с высоты частиц песка, к которым присоединились частицы цемента и полимеров, не происходит полного разделения компонентов. Микроскопическое наблюдение частиц и исследование свойств смеси в крайних слоях на рисунке свидетельствует о твердофазной эпипакции мелкодисперсных гранул полимерных веществ и цемента на крупных зернах песка. Также заметна агрегация мелких пылевидных зерен песка и мелкодисперсных добавок, особенно поверхностно-активных веществ. Это дает основания для вывода об изотропии и наличии основного устойчивого свойства, характерного для конкретного состава смеси.

**Ключевые слова:** сухая строительная смесь, изменение состава, основное свойство

**Список литературы**

1. Зимон А.Д. Коллоидная химия. М.: Агар. 2003. 320 с.
2. Дорошко Г.П. Принцип совмещения обжига зернистых смесей. Самара: СГАСУ, 2004. 104 с.
3. Яворский Б.М., Деллаф А.А. Справочник по физике. М.: Наука, 1977. 944 с.



Изменение относительного коэффициента состава смеси  $K_{cc}$  при струйном сбросе с высоты H



## В издательстве «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ» Вы можете приобрести дайджесты и специальную литературу по антикризисным ценам

### Тематические дайджесты серии «Совершенствование строительных материалов»

Дайджест «**Ячеистые бетоны – производство и применение**» (Часть 1). В настоящее время он выпущен на CD. В части 2 представлены технологии и оборудование, опыт применения, результаты научных исследований.

Дайджест «**Кровельные и изоляционные материалы**» включает статьи по темам: битумные, битумно-полимерные, полимерные материалы, гидроизоляция сооружений, жесткие кровли и др.

Дайджест «**Керамические строительные материалы**». Часть 1 выпущена на CD. В 2009 г. вышла Часть 2. Информация представлена по следующим направлениям: отраслевые проблемы, сырьевая база, оборудование и технология, контроль качества, ограждающие конструкции.

Дайджесты «**Сухие строительные смеси**». Часть 1 выпущена на CD. В 2009 г. Вышла Часть 2. В дайджестах представлены рубрики: технологии и оборудование, компоненты ССС, результаты научных исследований, применение.

Дайджест «**Современные бетоны: наука и практика**» содержит более 100 статей по тематическим разделам: исследование составов и свойств бетонов, исследования технологических аспектов производства бетонов, заполнители для бетонов, коррозия бетона, технология и оборудование, применение бетона и др.

Дайджест «**Материалы для дорожного строительства**» содержит более 100 статей по тематическим разделам: нормативная и методическая база отрасли; материалы для дорожного строительства; ремонт дорог.



### Специальная литература

#### Учебное пособие «Практикум по технологии керамики»

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

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



#### Монография «Производство деревянных клееных конструкций»

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

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



#### Книга «Производство железобетонных преднапряженных конструкций на длинных стендах. Варианты расчетов конструкций.»

Автор – канд. техн. наук С.Н. Кучихин

Настоящее пособие по выборам вариантов применения и расчетам железобетонных преднапряженных конструкций явилось результатом многолетней практики внедрения новых технологий в строительство с использованием отечественного и зарубежного опыта. Учтена необходимость комплексного подхода к выбору оптимального решения (проектирование, производство, строительство).

Рекомендовано использовать в работе проектным институтам, предприятиям стройиндустрии, строителям и специализированным вузам.

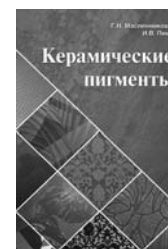


#### Книга «Керамические пигменты»

Авторы – доктора техн. наук Г.Н. Масленникова, И.В. Пищ

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

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



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

Автор – канд. техн. наук М.К. Ищук

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

Предназначена для работников проектных, строительных и контролирующих качество строительства организаций.



**Подробнее на [www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)**

**Для приобретения специальной литературы обращайтесь в издательство «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»  
Тел./факс: (495) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: [mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru)**

## Мастер-класс «Высокопрочный бетон» для специалистов отрасли

30–31 марта 2010 г. в Московском государственном строительном университете (МГСУ) состоялся мастер-класс по теме «Высокопрочный бетон». Организаторами мероприятия стали Центр Бетонных Технологий и МГСУ при поддержке Дрезденского технического университета (Германия), НИИЖБ, ООО «ЭМ-СИ Баухеми Раша», ООО «РВС», ООО «ПСФ «КРОСТ» при информационной поддержке научно-технического и производственного журнала «Строительные материалы»® и Европейского технического института.

Высокопрочный бетон – это один из видов высокотехнологичных бетонов. Область его применения достаточно узка и очень специализирована. В основном он применяется в высотном строительстве, при возведении мостов и других ответственных объектов.

Основным докладчиком мастер-класса стал профессор Дрезденского технического университета В.С. Мещерин, который подробно осветил ряд аспектов:

- методику повышения прочности бетона, в том числе особенности новых пластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов и механизмы их действия;
- исходные материалы для производства высокопрочных бетонов – цемент, добавки, крупный и мелкий заполнитель, тонкодисперсные наполнители;
- подбор составов высокопрочного бетона.

Подбор составов бетонов был одним из самых актуальных вопросов мастер-класса и вызвал ряд интересных вопросов со стороны участников. В рамках данной темы были представлены рецептуры бетонов, использованных на объектах, построенных в европейских странах.

Дрезденский технический университет совместно с компанией MC-Bauchemie разрабатывает и испытывает рецептуры в лабораторных и промышленных условиях, которые позднее воплощаются в проектах. Правильный технологический подход к производству бетона и при укладке является залогом успеха и качества. Компания MC-Bauchemie специализируется в области инновационных подходов. Доказательством этого являются построенные и восстановленные объекты по всему миру с применением материалов строительной химии, производимой компанией. С 2002 г. компания работает на российском рынке, где представляет высококачественные продукты и инженерные решения.

В ассортимент продуктов направления строительной химии входят как самые современные достижения химической отрасли при синтезировании эфиров поликарбоксилатов, так и инновационные решения при проектировании высокопрочных коррозионно-стойких бетонов.

Совместно с MC-Bauchemie Russia были реализованы первые проекты по возведению конструкций с использованием технологии самоуплотняющегося бетона. Немецкие специалисты в плотном сотрудничестве с рос-

сийскими специалистами осуществляли проектирование составов и контроль на строительных объектах при возведении конструкций высокой сложности. Для защиты и восстановления коллектора сточных вод в Санкт-Петербурге, протянувшегося на многие десятки километров, не было равных материалов вторичной защиты конструкций («Konusit») направления Protection Technologies.

Одним из самых популярных направлений бетонных технологий в настоящее время является применение высокопрочных бетонов. В Германии к технологии бетонов для возведения инженерных сооружений и высотных зданий предъявляются очень высокие требования.

В рамках мастер-класса отдельные акценты были сделаны на вопросах, связанных с тепловой обработкой высокопрочного бетона и набором прочности. В заключение мастер-класса были приведены различные виды высокопрочного бетона, такие как легкий бетон, текстиль-бетон, бетоны с высокой ранней прочностью.

Второй день конференции был посвящен вопросам, связанным с практическим использованием высокопрочного бетона.

Свои доклады представили профессор Санкт-Петербургского технологического университета, д-р техн. наук А.С. Брыков, заместитель директора ООО «Предприятие Мастер-Бетон» А.В. Шейнфельд, технический директор германо-российского концерна MC-Bauchemie Mueller GmbH & Co. O. Клеен.

Были рассмотрены следующие вопросы.

- Исследование влияния различных добавок на основе высокоактивного кремнезема на гидратацию портландцемента и твердение портландцементных паст и цементно-песчаных растворов смесей.

- Влияние различных физических форм (уплотненная и суспензированная) активного кремнезема на степень гидратации портландцемента и свойства портландцементных композиций.

- Контроль качества высокопрочных бетонов в процессе возведения монолитных конструкций.

- Оптимизация гранулометрического состава бетонной смеси – моделирование наиболее плотной упаковки бетонной матрицы.





– Пути решения задач при строительстве высокоскоростной железной дороги на острове Тайвань в условиях высокой сейсмической активности и отрицательного влияния сухого жаркого климата с учетом сжатых сроков, отведенных заказчиком на строительство.

Компания MC-Vauchemie недавно представила новые пластификаторы для изготовления высокопрочных бетонов и суспензий микрокремнезема, которые применяются при строительстве ответственных объектов и имеют большое значение для развития строительной индустрии.

#### **Centrilit Fume SX**

Суспензия микрокремнезема на основе синтетической аморфной кремниевой кислоты. Мельчайшие частицы Centrilit Fume SX, которые в 50–100 раз меньше частиц цемента, заполняют пустоты в бетоне и уменьшает объем пор. Принцип действия основывается на том, что во время гидратации Centrilit Fume SX вступает в реакцию с гидроксидом кальция, в результате чего получается гидросиликат кальция. Это устойчивое соединение, сохраняющее постоянный объем, не только повышает прочность бетона, но и за счет более высокой плотности структуры обеспечивает защитные качества бетона по отношению к агрессивной среде. Поэтому такой бетон отличается высокой износостойкостью, повышенной морозостойкостью. Повышенная прочность бетона и уменьшенный объем пор обеспечивают высокую сопротивляемость химическим воздействиям и коррозии. Благодаря улучшенной прочности структуры бетон легче перекачивается и обладает большей адгезией к основанию и арматуре.

#### **Muraplast FK 63/ MC-PowerFlow**

Одним из примеров применения высокопрочных бетонов служит строительство высокоскоростной дороги на острове Тайвань. Тайваньская высокоскоростная железная дорога (THSR) проложена вдоль западного побережья острова и составляет 335,5 км. Общая стоимость проекта оценивается в 15 млрд USD и является одной из самых дорогостоящих транспортных систем в мире, построенных на частные деньги. Скорость поездов достигает 300 км/ч. Новый путь высокоскоростной железнодорожной магистрали в Тайване пересекает одну из самых активных зон землетрясения в мире. Сложный рельеф местности, высокая сейсмическая активность, районы с высокой численностью населения и сжатые сроки строительства определяют проект THSR как один из самых амбициозных и инновационных в мире на момент строительства.

Обычный подход к строительству здесь был невозможен. Участок протяженностью 244 км возвышается над землей, 50 км дороги проходит в туннелях. В состав также входят мосты общей протяженностью более 32 км. Из-за чрезвычайно трудных условий строительства и сжатого графика по проекту было необходимо предварительно изготовить огромные бетонные элементы мостовых конструкций. Эти предварительно напряженные готовые

части, которые имеют протяженность более 30 км и массу около 800 т, были произведены на двух заводах сборного железобетона и устанавливались с использованием так называемого «метода бросания». Детали устанавливались на колонны с площадкой диаметром 2 м, которые заглублялись на 75 м в грунт. Всего было использовано более 3,3 млн м<sup>3</sup> бетона; 1,5 млн м<sup>3</sup> из этого количества пошло на колонны.

В конце 2000 г. компания Bilfinger+Berger в тесном сотрудничестве с MC-Vauchemie начали проводить тестовые испытания для разработки оптимального состава бетона. С помощью специалистов MC-Vauchemie созданы высокоэффективные бетоны для каждого элемента – фундамента колонн, самих колонн и сборных массивных элементов, соответствующих требованиям проекта. Основной особенностью бетона для фундамента колонн была большая жизнеспособность. Жизнеспособность бетонной смеси в условиях +40°C должна была составлять до 8 ч. Дополнительным требованием была высокая однородность и устойчивость к расслоению. Решающей для изготовления сборных элементов стала высокая формуемость бетонов. Сжатый график производства работ требовал бетон с чрезвычайно быстрым набором прочности для своевременной распалубки. Вышеупомянутые свойства материалов позволили исключить термообработку бетона. Высокая ранняя прочность обеспечивалась не только высоким содержанием вяжущего, но и низким В/Ц. Использование Muraplast FK 63 с определенной структурой в качестве суперпластификатора позволило понизить В/Ц до 0,34 при длительной жизнеспособности.

Использование эфиров поликарбоксилата с определенной полимерной структурой дает преимущества при приготовлении высококачественного бетона:

- значительное снижение В/Ц;
- высокую жизнеспособность бетонной смеси;
- высокую раннюю и конечную прочность.

Только с применением современных типов гиперпластификаторов на поликарбоксилатной основе можно получить высокопрочные бетоны. В настоящее время развитие химических модификаторов водоредуцирующего и пластифицирующего действия не стоит на месте и компанией MC-Vauchemie разработано новое поколение гиперпластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов MC-PowerFlow.

По окончании пленарных докладов участники мероприятия посетили строительные объекты в Московском деловом центре Москва-Сити, для строительства которых применялся высокопрочный бетон.

Центр Бетонных Технологий приглашает принять участие в конференциях и семинарах.

**Контактная информация:**  
[www.beton-center.ru](http://www.beton-center.ru)  
 Тел.: (812) 331-81-84

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**Новая печь на ООО «Топкинский цемент» – серьезный шаг в ресурсосбережении**

В мае 2010 г. на Топкинском цементном заводе (Кемеровская область; предприятие входит в ОАО «Холдинговая компания «Сибирский цемент») была введена в эксплуатацию печь обжига № 5.

Ввод в эксплуатацию этой технологической линии производственной мощностью 700 тыс. т клинкера в год позволит не только увеличить общую проектную мощность завода до 3,7 млн т цемента в год, но и заметно сократить расход газа и электроэнергии при производстве клинкера. Пуск новой печи на «Топкинском цементе» стал в России первым более чем за 30 лет вводом в эксплуатацию новых мощностей по производству цемента мокрым способом. В строительстве новой технологической линии за три года было инвестировано 1,3 млрд р. Технологичность достигается за счет разумного сочетания оборудования отечественных и зарубежных производителей. Конструкция печных цепей была разработана совместно с БГТУ им. В.Г. Шухова. Повышенная металлоемкость печи диаметром 5 м и длиной 185 м окупается простотой и надежностью ее конструкции. Для охлаждения клинкера используется холодильник фирмы CLAUDIUS PETERS (Германия),

имеющий тепловой КПД до 80%, что позволяет значительно улучшить теплообменные процессы и сэкономить до 10% природного газа, который используется в печи в качестве топлива, и до 8% электроэнергии. В результате после ввода в эксплуатацию печи № 5 себестоимость продукции в целом по заводу по предварительным расчетам снизится на 4–5%.

При строительстве печи учтены и все необходимые экологические требования. Она оснащена газоанализаторами для контроля за концентрацией в отходящих газах кислорода, оксида и диоксида углерода и оксидов азота. Также на печном агрегате установлено высокоэффективное обеспыливающее оборудование – трехпольный электрофильтр и электрофильтр фирмы ELEX (Германия), рукавный фильтр ФРКИ-180-П1-3-1 (Россия). Для улучшения качества цемента на новой технологической линии установлены дополнительные сепараторы. Они будут введены в эксплуатацию в июне этого года, что также позволит производить цемент марок 550 и 600, которые востребованы в жилищном и промышленном строительстве, и не выпускаются на других предприятиях за Уралом.

По материалам пресс-службы  
ОАО «Холдинговая компания «Сибирский цемент»

**«БазэлЦемент» запустил третью технологическую линию**

Компания «БазэлЦемент» завершила реконструкцию на ТОО «SAS-Tobe Technologies» (Республика Казахстан) и запустила третью технологическую линию по выпуску цемента. На заводе с целью увеличения производительности и снижения расхода топлива на обжиг клинкера были проведены работы по модернизации вращающейся печи № 3 и установке охладительного оборудования. Впервые на территории СНГ компанией установлены на технологических линиях ригельные холодильники SF-типа 1×3 (Smidth-Fuller), производитель «FLSmidth» (Дания). Первый холодильник был установлен в июле 2009 г. во время модернизации второй технологической линии.

Модульная конструкция холодильника и простота монтажа, эксплуатации и техобслуживания, разде-

ление систем транспортировки клинкера и распределения воздуха, пониженное потребление электроэнергии и отсутствие просыпи клинкера под колосниковой решеткой – вот лишь некоторые преимущества данного холодильника. В настоящее время печь запущена в работу и получен первый клинкер. Достигнутые параметры работы печи и холодильника полностью соответствуют расчетным. Также в мае 2010 г. на предприятии начнется установка новых электрофильтров на всех печах завода, что позволит сократить пылевыводы и повысить экологичность производства. Кроме того, в ближайшее время планируется перевести мощности завода на твердое топливо (уголь), что снизит себестоимость производимой продукции. Общий объем инвестиций в реконструкцию завода составил 10 млн USD.

По материалам компании «Базовый элемент»

**Стартовал новый этап строительства завода ROCKWOOL**

11 мая 2010 г. в ОЭЗ «Алабуга» в Республике Татарстан компания ROCKWOOL объявила генерального подрядчика на строительство завода по производству теплоизоляции. Компания ЗАО «Многопрофильное объединение «Иншаат» будет осуществлять строительные работы по проекту.

Мощность новой производственной линии составит 110 тыс. т в год. Проект завода включает возможность установки второй производственной линии, которая удвоит заявленные мощности до 0,25 млн т. Инвестиции в первую производственную линию составят 110 млн евро. В феврале 2012 г. запланировано тестирование линии, а с июля

2012 г. продукция с нового завода будет доступна потребителям.

В тендере, который длился 7 месяцев, участвовало 7 компаний, как российских, так и международных. Компания ROCKWOOL предъявляет высокие требования к генеральному подрядчику. Генеральный подрядчик будет осуществлять возведение завода при соблюдении всех российских норм и требований, а также международных стандартов компании ROCKWOOL.

Завод будет выпускать теплоизоляционные материалы из каменной ваты для утепления кровель, фасадов, полов и перекрытий, а также огнезащитные и звукопоглощающие плиты.

По материалам пресс-службы компании ROCKWOOL

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**Прогноз развития рынка строительных материалов в КНР**

В настоящее время Китай является крупнейшим экспортером строительных материалов. На Поднебесную приходится 40–60% мирового объема экспорта природного камня, стекловолоконистых материалов и листового стекла, 20–30% мирового объема торговли цементом, цементным клинкером, обработанным оконным стеклом и каолином. На сегодняшний день рынок КНР занимает крепкие позиции в мире, экспортируя строительные материалы в более чем 100 стран и регионов, при этом средняя экспортная цена на них в 2–3 раза ниже, чем на аналогичные товары в развитых странах.

Многие эксперты полагают, что именно ценовые преимущества (в сочетании с достойным качеством) еще более укрепят положение Китая на международном рынке стройматериалов в будущем. Уже в ближайшие 2–3 года можно ожидать выход на рынок ряда новых, произведенных с помощью усовершенствованных технологий и обладающих уникальными качествами материалов. Од-

нако в то же время темп роста экспорта существенно замедлится.

Ожидается, что по итогам 2009 г. экспортная стоимость строительных материалов из Китая увеличится примерно на 15%, превысив отметку 3 млрд USD. Вместе с тем на 15,6% снизится объем поставок цемента и цементного клинкера; на 10,2% – листового стекла; на 0,8% – санитарно-технической керамики; на 18% увеличится объем экспорта керамического кирпича и керамической плитки. Общая стоимость промышленного производства строительных материалов в Китае составит более 411,76 млрд USD. Доход от основного вида деятельности достигнет 27,65 млрд USD, увеличившись на 15%, однако прибыль снизится на 5% до 13,38 млрд USD.

В 2010 г. внешний спрос на китайские строительные материалы еще более значительно повысится, его темп роста в этот и последующие годы будет сохраняться в пределах 15%, темп роста чистой прибыли отрасли составит не менее 5%.

По материалам компании Optim Consult

ИССЛЕДОВАНИЯ РЫНКОВ

**На Россию приходится 3% от протяженности мировых автомобильных дорог**

Общая протяженность автомобильных дорог в мире составляет более 31 млн км. Лидером является США, где длина всех дорог превышает 6,5 млн км. Как отмечается в исследовании департамента консалтинга РБК «Российский рынок дорожного строительства: платные дороги и ЧПП», на Россию приходится 3% от протяженности мировых дорог, в абсолютном выражении показатель для России почти в 7 раз меньше по сравнению с США.

В США в 2007 г. проникновение всех типов дорог составило 66 км на 100 км<sup>2</sup>; общий показатель для 27 стран Европы, входящих в ЕС, достигал 126 км на 100 км<sup>2</sup>. В России же проникновение не превышает 5,5 км на 100 км<sup>2</sup>. Главным образом это связано с большей площадью России по сравнению со странами Европы, а также с тем, что в России дорожная сеть еще находится на стадии развития, в то время как в США и ЕС данный период давно завершен.

С 2002 по 2010 гг. развитие дорожного хозяйства в России происходило в соответствии с федеральной целевой программой «Модернизация транспортной системы России 2002–2010 гг.». За время действия программы было построено и реконструировано около 22,5 тыс. км дорог, из которых 4,6 тыс. км – федеральные трассы и 17,9 тыс. км – региональные.

На основе ЧПП реализуются проекты в различных сферах экономики, в том числе при строительстве автомобильных дорог. В мире за период с 1990 по 2008 гг. доля проектов в сфере автодорожного строительства составила почти 50% всех проектов в транспортной отрасли. Объем инвестиций в строительство автомобильных дорог при совместном участии госу-

дарства и частного бизнеса достиг почти 115 млрд USD, что составило около 50%.

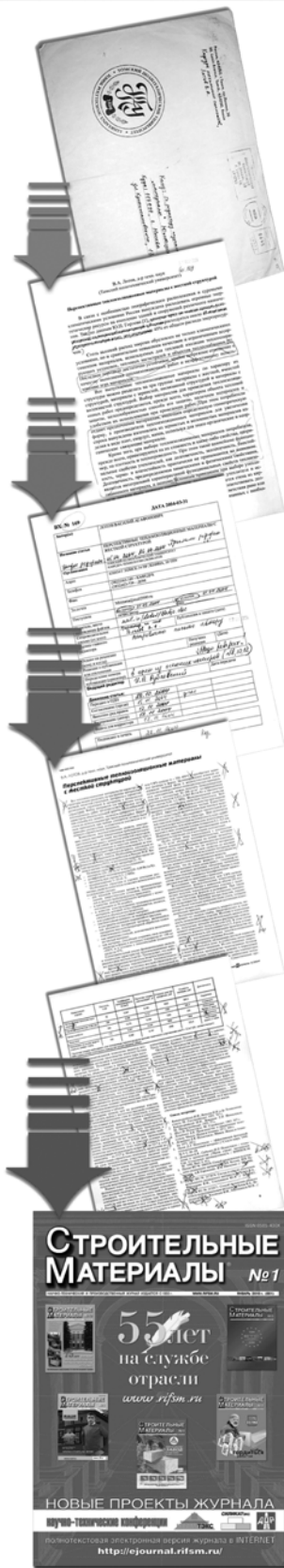
В настоящее время в России в секторе дорожного строительства на основе ЧПП осуществляются три проекта, среди которых новый выход на МКАД с федеральной автодороги М-1 «Беларусь» и строительство участков платной трассы М-10 «Москва – Санкт-Петербург». Участие частных инвесторов в этих проектах предполагается на уровне 56% и 54% от общей стоимости работ по строительству соответственно. Третий проект, Западный скоростной диаметр, осуществляется в Санкт-Петербурге, доля участия частного бизнеса составляет около 50%. Суммарная стоимость реализации этих трех проектов превышает 300 млрд р.

Концессионные соглашения по проектам подписаны сроком на 30 лет, а в консорциумы, которые выиграли конкурсы на проведение работ, входят крупные французская и португальская компании, которые имеют опыт создания и эксплуатации платных дорог.

В последнее время наблюдается стремление по трансформации сети из радиальной в сетевую, озвучены планы по строительству хордовых дорог и трасс в обход городов, развитию крупных транспортных узлов, а также обеспечению дорогами регионов Сибири и Дальнего Востока. К 2030 г. запланировано увеличение плотности дорожной сети общего пользования до 7,9 км на 100 км<sup>2</sup>, что предусматривает увеличение общей протяженности дорог в России на 43% по сравнению с 2008 г. Эти и другие проекты будут реализовываться в рамках федеральной программы «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года».

По материалам «РБК. Исследования рынков»

# Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 4-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

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

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

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи и не содержать перечень всего ранее опубликованного автором, что перегружает объем статьи и часто является элементом саморекламы.

Кроме того, статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий. Статьи, направляемые в редакцию журнала «Строительные материалы»®, должны соответствовать следующим **требованиям**:

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

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); распечаткой, лично подписанной авторами; рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языке; 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, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 году в журнале «Строительные материалы» был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала [www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf](http://www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf)



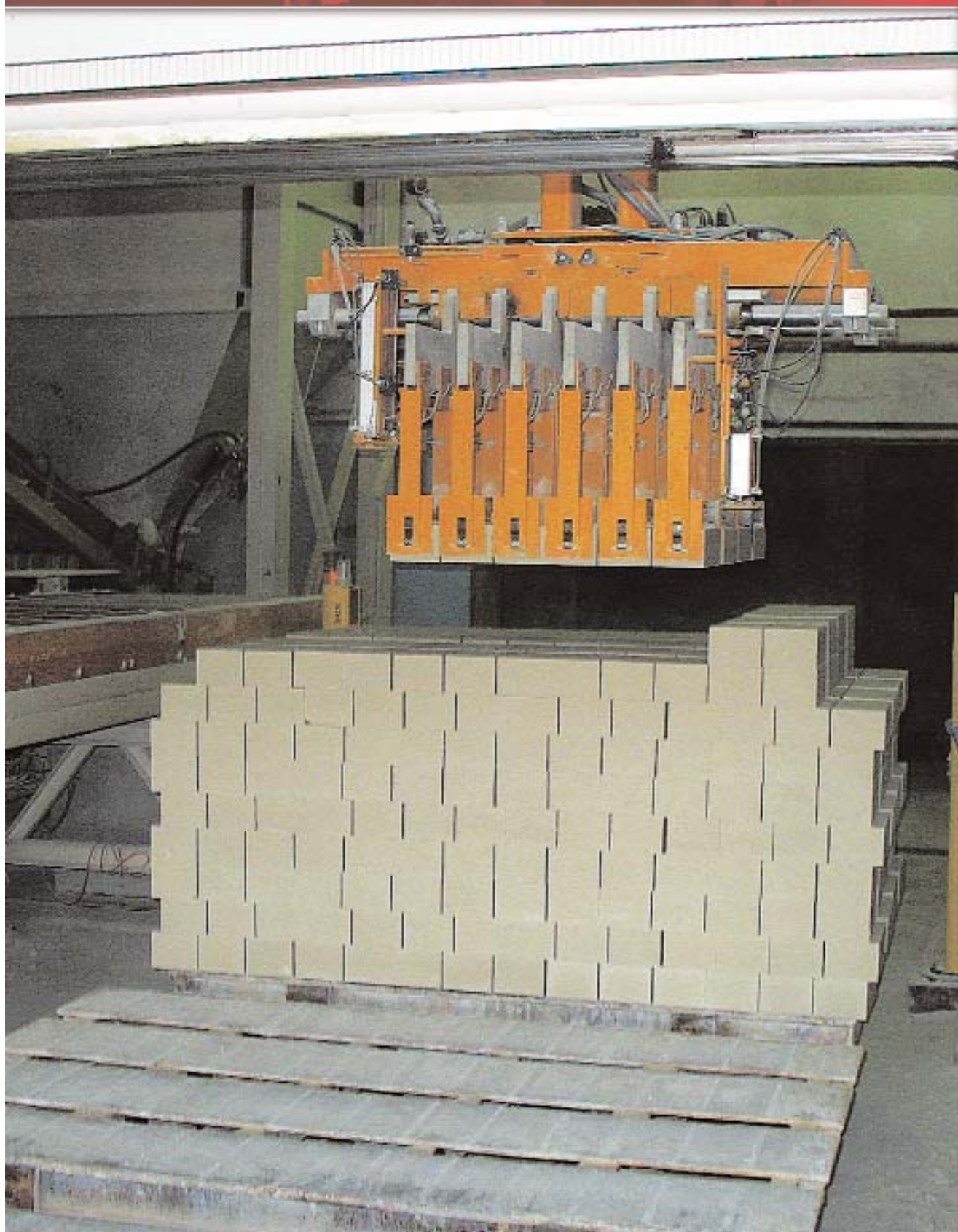
Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства [www.rifsm.ru/page/7](http://www.rifsm.ru/page/7)



# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ<sup>®</sup>

тематический раздел журнала «Строительные Материалы» №5-2010 г.

technology



Двенадцатая специализированная выставка



# ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ 2011



## 26–29 ЯНВАРЯ МОСКВА, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

ОРГАНИЗАТОРЫ: ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ  
КОМПЛЕКС ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ  
ПОЛИТИКИ И СТРОИТЕЛЬСТВА (МОСКВА) **ЕВРОЭКСПО** ОФИЦИАЛЬНАЯ  
ПОДДЕРЖКА: **АСР** **OSMEXPO** ПРИ СОДЕЙСТВИИ: **ЭКСПОЦЕНТР**

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ СПОНСОР: **Стройка** **ГРУППА ГАЗЕТ** ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА: **СТРОИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРТ** **СТРОИТЕЛЬНЫЙ ВЕСТНИК** **СОВРЕМЕННЫЙ ДОМ** **СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ** ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР: **VnizDom.RU** ОФИЦИАЛЬНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР: **TTD**

[WWW.OSMEXPO.RU](http://WWW.OSMEXPO.RU)  
E-mail: [osm@osmexpo.ru](mailto:osm@osmexpo.ru)

Тел.: +7 (495) 925 65 61/62  
Факс: +7 (499) 248 07 34

Россия  
Новосибирск



Россия  
Новосибирск

### 1-4 ФЕВРАЛЯ 2011

- Окна. Стекло. Фасады
- Ворота и автоматика
- Деревообработка

- Строительные материалы и оборудование
- Инструменты и крепеж

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ СПОНСОР



сеть еженедельников для покупателей строительных и отделочных материалов

[WWW.STROISIB.COM](http://WWW.STROISIB.COM)

# СТРОИСИБ

## МЕЖДУНАРОДНАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ ВЫСТАВКА

ОДОБРЕНО



### 15-18 ФЕВРАЛЯ 2011

- Интерьер. Отделка. Двери
- Инженерное оборудование
- Системы автоматизации зданий

- Электрика
- Керамика. Сантехника
- Naturalный и искусственный камень

ПОДДЕРЖКА



ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПОНСОРЫ



ИТЕ СИБИРСКАЯ ЯРМАКА  
Россия, 630049, Новосибирск,  
Красный проспект, 220/10



Телефон: (383) 363-00-63, 363-00-36,  
факс: (383) 220-97-47  
[www.stroisib.com](http://www.stroisib.com)

УДК 691.51:621.783.235

А.В. МОНАСТЫРЕВ, канд. техн. наук

## Эффективные короткие вращающиеся печи для производства извести высокого качества

Известь в промышленности строительных материалов производится в основном обжигом известняка фракции 50–150 мм в шахтных печах, и только небольшая часть выпускается обжигом фракции 20–45 мм во вращающихся печах, что объясняется отсутствием испытанных образцов экономичных коротких вращающихся печей отечественной конструкции для обжига известняка этой фракции.

В 1973–1975 гг. автором статьи были предложены эффективные конструкции шахтного подогревателя сырья и шахтного холодильника извести [1, 2], при использовании которых типовые вращающиеся печи размером  $\varnothing 2,3 \times 22$  м,  $\varnothing 2,5 \times 40$  м,  $\varnothing 3,6 \times 50$  м,  $\varnothing 4 \times 60$  м смогли выпускать известь, содержащую 85–90% активных  $\text{CaO} + \text{MgO}$  и 3–4% остаточного  $\text{CO}_2$  при удельном расходе условного топлива 200 кг.

В настоящее время появились возможности разработки и строительства коротких вращающихся печей, оснащенных эффективными запечными шахтными теплообменниками, для обжига чистого известняка фракции 20–45 мм с получением извести высокого качества при удельном расходе 160 кг условного топлива, стоимость и эксплуатационные расходы которых в 1,5–2 раза ниже зарубежных.

Более 80% общего производства извести на предприятиях строительных материалов выпускается в шахтных печах, обжигающих известняк с размером кусков более 45 мм, в связи с чем на заводах, располагающих собственными карьерами, известняк фракции 0–45 мм часто не находит сбыта, скапливается в отвалах, что увеличивает себестоимость производимой извести. В то же время известняк фракции 20–45 мм — прекрасное сырье для выпуска качественной извести.

Поставляемые ОАО «Волгоцемаш» (г. Тольятти, Самарской обл.) короткие вращающиеся печи значительно уступают по всем показателям оборудованию зарубежных фирм, выпуская известь, содержащую 5–8% остаточного  $\text{CO}_2$ , и расходуя 250–270 кг условного топлива на 1 т продукции [3, 4, 5].

Например, вращающаяся печь фирмы «Fellner-Ziegler» (ФРГ) размером  $\varnothing 3,75 \times 55$  м (L/D = 14,67), оснащенная шахтными противоточными подогревателями известняка (рис. 1) и холодильником извести (рис. 2), мощностью 450 т/сут, построенная в Бельгии в 1965 г., при обжиге мытого известняка фракции 20–50 мм производила известь с содержанием активных  $\text{CaO} + \text{MgO} = 96\%$ , остаточного  $\text{CO}_2 = 0,6\%$  при удельном расходе условного топлива 176 кг. Вращающиеся печи этой фирмы производительностью 300–600 т/сут, оснащенные шахтными противоточными подогревателями известняка и холодильниками извести, работают в Германии, Англии, Бельгии и других странах [4, 5].

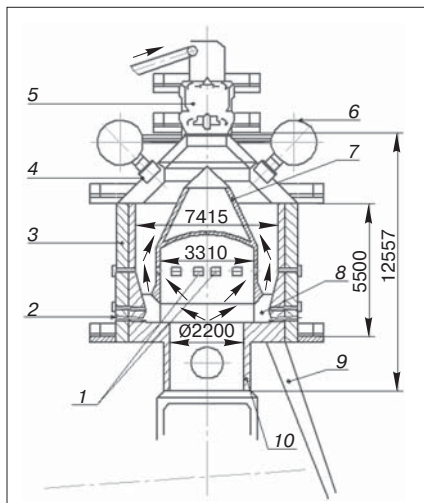
*Шахтный противоточный подогреватель сырья* (рис. 1) состоит из цилиндрической шахты 3, внутри которой соосно установлен пустотелый керамический керн 7, образующий с футеровкой шахты кольцевое пространство шириной 1,534 м и высотой 6 м. Футеровка шахты выполнена таким образом, что образует по ее периметру восемь отсеков, в каждом из которых расположен механизм выгрузки материала в виде толкателей 2 с гидравлическим приводом. В нижней части керна по его периметру устроено восемь отверстий 8, служащих для выгрузки материала из кольцевого пространства в загрузочную точку 10 печи. Восемь отверстий 1 в керне служат для поступления печных газов в кольцевое пространство, в котором они движутся в противотоке с опускающимся материалом. Керамическая конструкция подогревателя позволяет использовать отходящие из печи при температуре 1050°C газы для подогрева известняка до температуры 870°C, при которой за время пребывания в нем материала происходит декарбонизация  $\text{MgCO}_3$  и до 40%  $\text{CaCO}_3$ . В результате большого потребления тепла на диссоциацию карбонатов печные газы выходят из подогревателя с температурой 300–350°C. Подогреватель отличается от конструкций других зарубежных фирм низкой металлоемкостью.

*Шахтный противоточный холодильник извести* (рис. 2) снабжен камерой 3 диаметром 2 м и высотой 2,8 м, в которую из зоны обжига вращающейся печи 2 при температуре 1100°C поступает известь. Подогретый в шахте холодильника до температуры 530°C воздух поступает в печь, минуя камеру 3. Поэтому в кусках извести за время их пребывания в камере 3 при температуре 1100–1050°C практически полностью завершается процесс декарбонизации остаточного  $\text{CO}_2$  без затраты топлива. Известь охлаждается в теплообменнике до +50°C.

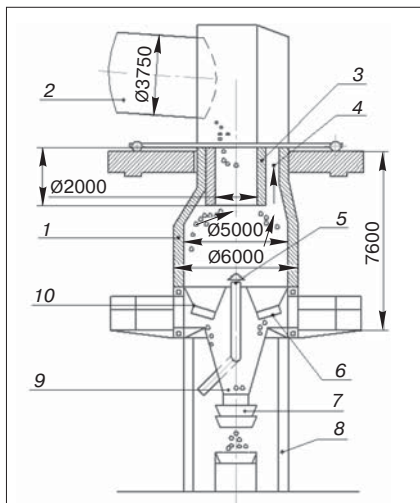
Общим недостатком шахтных противоточных теплообменников как отечественных, так и зарубежных фирм является их высокое аэродинамическое сопротивление, составляющее 6–8 кПа, что требует применения дымососов высокого разрежения или два последовательно включенных серийно выпускаемых дымососа.

В 1973 г. автором статьи с использованием а. с. СССР на изобретения [1, 2] были разработаны *технические задания* на разработку проектов серии коротких вращающихся печей производительностью 25–500 т/сут высококачественной извести, оснащенных шахтными противоточно-прямоточными подогревателями — декарбонизаторами сырья и холодильниками — декарбонизаторами извести, для обжига чистого известняка фракции 20–45 мм, в которых расчетный удельный расход условного топлива при работе на мазуте или природном газе не превышал 200 кг, что было в 1,5 раза меньше, чем у находившихся в эксплуатации печей.

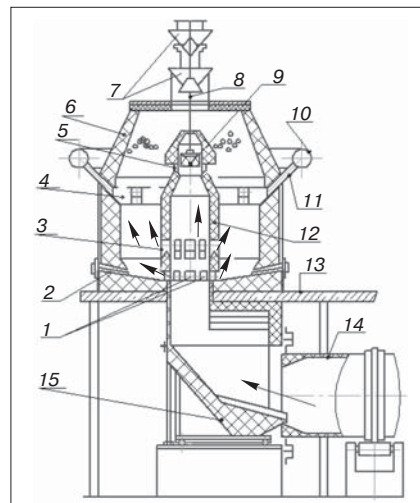
*Шахтный противоточно-прямоточный подогреватель — декарбонизатор сырья* конструкции А.В. Монастырева для печи  $\varnothing 4 \times 44$  м (рис. 3) имеет одинаковые элементы противоточной части с подогревателем сырья фирмы «Fellner-Ziegler» (рис. 1). Главным отличием является расположение в верхней части керамического керна 12 восьми отверстий 5 и клапана 9, служащих для перепуска части печных газов в кольцевое пространство прямоточной секции подогревателя. Выходящие из отверстий 5 при температуре



**Рис. 1.** Шахтный противоточный подогреватель сырья фирмы «Fellner-Ziegler»: 1 – отверстия для прохода печных газов; 2 – плунжерный толкатель; 3 – шахта; 4 – патрубок; 5 – механизм загрузки; 6 – кольцевой коллектор отходящих газов; 7 – керамический керн; 8 – полость; 9 – опора; 10 – футерованная течка



**Рис. 2.** Шахтный противоточный холодильник извести фирмы «Fellner-Ziegler»: 1 – шахта; 2 – вращающаяся печь; 3 – камера декарбонизации извести; 4 – канал; 5 – дутьевой конус; 6 – вибропитатель; 7 – шлюзовой затвор; 8 – опора; 9 – бункер; 10 – разгрузочная воронка



**Рис. 3.** Шахтный противоточно-прямоточный подогреватель – декарбонизатор сырья конструкции А.В. Монастырева для печи  $\varnothing 4 \times 44$  м: 1 – отверстия для выгрузки материала; 2 – плунжерный толкатель; 3 – отверстия ввода печных газов в противоточную секцию кольцевой полости; 4 – кольцевой канал; 5 – отверстия ввода печных газов в прямоточную секцию кольцевой полости; 6 – шахта; 7 – двухклапанный механизм загрузки сырья; 8 – штанга; 9 – клапан; 10 – кольцевой коллектор отходящих газов; 11 – патрубок; 12 – керамический керн; 14 – печь; 15 – футерованная течка

1100°C печные газы движутся в прямотоке с опускающимся в кольцевом пространстве холодным и влажным материалом, загружаемым в кольцевую шахту 6 механизмом загрузки 7. В результате испарения влаги и подогрева материала до 300–320°C температура газов снижается с 1100 до 368°C (рис. 4). Регулирование объема печных газов, поступающих в прямоточную секцию, производится перемещением керамического клапана 9, соединенного штангой 8 с приводом клапана.

Общий поток выходящих из печи 14 газов на входе в керамический керн 12 разделяется на два неравных по объему потока. Большой по объему поток газов через восемь отверстий 3 поступает при 1100°C в кольцевое пространство подогревателя шириной 1 м, образованное стенками шахты 6 и керна 12, где проходит в противотоке с опускающимся материалом и вместе с газом прямоточной секции входит в кольцевой канал 4 футеровки, из которого общий поток отходящих газов под действием разрежения, создаваемого дымососом, по футерованному трубу 11 и коллектору 10 поступает в очистное устройство.

Опускающийся в противоточную секцию теплообменника при температуре 300–320°C материал подогревается до температуры 850–880°C (рис. 4), при которой в нем за расчетное время декарбонизируется весь  $MgCO_3$  и 40–45%  $CaCO_3$ , после чего он толкателями 2 выгружается через отверстия 1 в течку 15.

Выгрузочная часть противоточной секции подогревателя выполнена в виде радиально расположенных по окружности кольцевого пространства между восьмью двухскатных стенок, между которыми образованы полости, расположенные между отверстиями 1 в керне и отверстиями в футеровке шахты 12. По дну каждой полости совершают возвратно-поступательное движение плунжерные толкатели 2 с гидроприводами (рис. 5), перемещая кусковой материал через отверстия 1 к каналу течки 15. Расположение отверстий 3 выше поверхности двухскатных гребней и отверстий 1 имеет следующие достоинства: образующийся при разделении гребнями разрыхленный слой материала способствует свободному проходу газов из отверстий 3 в кольцевое пространство противоточной секции подогревателя, а опускающийся материал предохраняет плунжерные толкатели от перегрева газами с высокой температурой.

Таким образом, предлагаемая конструкция шахтного противоточно-прямоточного подогревателя-декарбонизатора сырья имеет следующие преимущества:

- применение недорогих керамических жаропрочных материалов позволяет повысить температуру входящих в подогреватель газов до 1100°C и выше, обеспечивающих нагрев сырья до температуры 850–880°C, при которой в сырье происходит декарбонизация 40–45%  $CaCO_3$ ;

- выполнение несущих и ограждающих элементов подогревателя из слоя жаропрочных и теплоизолиру-

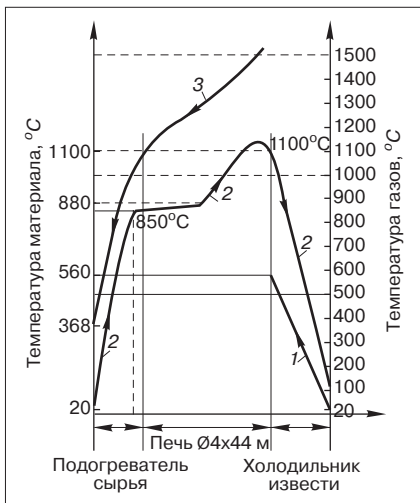
емых материалов обеспечивает низкие потери тепла шахтой 6 в окружающую среду  $q_{oc} < 0,02g_t$  ( $g_t$  – удельный расход топлива на обжиг);

- в дождливую погоду, осенью, зимой в подогреватель поступает материал высокой влажности, что без переточного устройства снижает в нем степень декарбонизации материала; наличие переточного устройства 5, 9 позволяет управлять поступлением в противоточную секцию теплообменника материала с постоянной температурой, обеспечивая в ней заданную степень декарбонизации сырья;

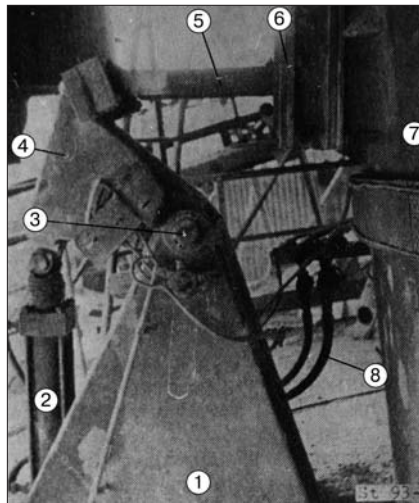
- во вращающуюся печь загружается материал, на завершение термообработки которого во вращающейся печи необходимо затратить около 50% тепла и времени, в результате чего производительность печи увеличивается в 1,83 раза; в связи с тем, что потери тепла корпусом печи  $q_{oc} = 0,15g_t$ , а в подогревателе  $q_{oc} = 0,02g_t$ , общие потери тепла в окружающую среду печной установкой  $q_{oc}$  снижаются более чем в 2 раза;

- в связи с разделением общего потока печных газов на два параллельных аэродинамическое сопротивление теплообменника снижается в 2–3 раза, составляя 2,6–2,8 кПа вместо 6–8 кПа у противоточных конструкций, что сопровождается снижением потребления электроэнергии дымососом на 25–30%.

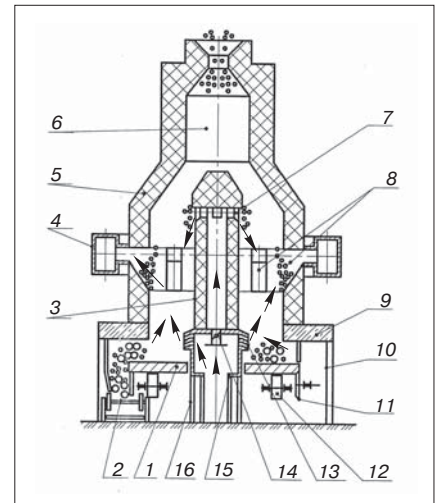
Предложенный подогреватель сырья отличается от известных ком-



**Рис. 4.** График расчетных значений температуры газов и материалов во вращающейся печи Ø4x44 м конструкции А.В. Монастырева: 1 – воздух; 2 – материал; 3 – печные газы



**Рис. 5.** Привод плунжерного толкателя механизма выгрузки шахтного подогревателя сырья: 1 – опорная рама; 2 – гидроцилиндр; 3 – ось; 4 – головка поворотная; 5 – шток; 6 – фланец направляющего устройства; 7 – корпус подогревателя; 8 – шланг гидросистемы



**Рис. 6.** Шахтный противоточно-прямоточный холодильник – декарбонизатор извести конструкции А.В. Монастырева: 1 – металлический диск; 2 – конвейер извести; 3 – керамический kern; 4 – футерованный кольцевой коллектор горячего воздуха; 5 – шахта; 6 – декарбонизатор извести; 7 – отверстие; 8 – кольцевой канал с отверстиями; 9 – опорная плита; 10 – опора; 11 – приводная шестерня; 12 – опорный каток; 13 – жалюзи; 14 – патрубок с поворотной регулирующей заслонкой; 15 – чугунный kern; 16 – опора керна

пактностью и минимальной металлоемкостью [2].

*Шахтный противоточно-прямоточный холодильник – декарбонизатор извести конструкции А.В. Монастырева* (рис. 6) [3] состоит из теплоизолированной шахты 5, соосно расположенных с ней керамического 3 и чугунного 15 кернов, дискового питателя 1, 12 с приводом 11 и футерованного коллектора 4 для отвода горячего воздуха. Шахта и керны снабжены отверстиями 7, 8, 13 для прохода холодного и подогретого воздуха. Известь при температуре 1100°C из вращающейся печи через приемную воронку поступает в камеру-декарбонизатор 6 холодильника, в которой содержащийся в кусках извести недожог  $\text{CaCO}_3$  практически полностью освобождается от  $\text{CO}_2$  за счет накопленного тепла. Из камеры 6 известь поступает в прямоточную секцию холодильника, охлаждаясь воздухом до температуры 600–650°C и нагревая его до 560°C. Продолжая опускаться, куски извести поступают в противоточную секцию холодильника, где охлаждаются воздухом до температуры 80°C и сыпаются с диска питателя на конвейер 2.

Общий поток поступающего в холодильник воздуха разделяется на два неравных по объему потока. Большой по объему поток входит в противоточную секцию кольцевого слоя материала, через жалюзи 13 чугунного керна 15, кольцевой канал и патрубки 8 поступает в коллектор 4. Меньший по объему поток воздуха входит в прямоточную секцию кольцевого слоя через патрубок с поворотной регулирующей заслонкой 14, полость керамическо-

го керна и отверстия (7), после чего соединяется с горячим воздухом противоточной секции в кольцевом канале, устроенном в футеровке шахты (5). Из коллектора (4) горячий запыленный воздух проходит очистку от пыли в футерованном циклоне (на рисунке не показан) и вентилятором нагнетается в выгрузочную головку печи.

Предлагаемая конструкция холодильника – декарбонизатора извести имеет следующие преимущества:

- обеспечивает выпуск печной установкой извести с максимальным содержанием активных  $\text{CaO}+\text{MgO}$  и минимальным содержанием остаточного  $\text{CO}_2$ ;
- выполнение основных элементов холодильника из недорогих керамических и теплоизоляционных материалов обеспечивает подогрев воздуха до максимально возможной температуры;
- теплообменник работает под разрежением, поэтому пылевыведение отсутствует;
- горячий воздух перед подачей в печь проходит очистку от пыли, что облегчает управление процессом сжигания топлива и положением факела в зоне обжига;
- разделение общего потока воздуха на два параллельных потока снижает более чем в 2 раза общее аэродинамическое сопротивление холодильника, что снижает электропотребление вентилятора на 25–30%;
- выгрузочное устройство холодильника отличается простотой и надежностью и широко применяется в металлургической промышленности.

*Короткая вращающаяся печь конструкции А.В. Монастырева размером Ø4x44 м мощностью 550 т/сут,*

оснащенная описанными выше шахтными противоточно-прямоточными подогревателем – декарбонизатором сырья и холодильником – декарбонизатором извести, отличается наличием откатной загрузочной головки с футерованной течкой, устройства аэродинамического уплотнения загрузочной головки с печью, применением порогов и теплоизолированной футеровки, выполненных с применением СВС-технологии.

Новые возможности создания недорогого, надежного и экономичного запечного теплообменного оборудования и футеровки вращающейся печи открываются с применением керамических элементов из уникальных жаростойких особо легких ячеистых бетонов, а также растворов и покрытий на основе технологии **самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС)**, разработанных ЗАО НПКФ «МаВР» (г. Жуковский Московской обл.), используемых в космических аппаратах и начинающих применяться в цементной, металлургической, химической промышленности [6]. Смеси нетоксичны и представляют собой мелкодисперсные композиционные порошки из минеральных компонентов.

Например, особо легкий жаропрочный ячеистый СВС-бетон отличается повышенной температурой применения, высокой прочностью, химической и эрозионной стойкостью, стойкостью к истиранию. Порошкообразный СВС-раствор

перед употреблением затворяется жидким стеклом и используется как обычный кладочный раствор. При достижении температуры около 850°C в швах кладки инициируется процесс СВС с образованием фронта волны направленного горения, приводящий к кратковременному образованию высокотемпературного расплава, который пропитывает кирпичи кладки на глубину до 0,5 мм и сваривает их в монолит. Огнеупорность мертеля после СВС составляет 1800°C, термостойкость более 50 теплосмен. СВС-покрытие кирпичей ядерного подогревателя сырья или холодильника извести, футеровки шахты, порогов и футеровки зоны обжига вращающейся печи придает шамотным огнеупорам те же свойства, что и у раствора.

В настоящее время было бы целесообразно приступить к созданию и внедрению в производство отапливаемых газообразным или жидким

топливом коротких вращающихся печей конструкции А.В. Монастырева для обжига чистого известняка фракции 20–45 мм с получением извести, содержащей 85–90% активных CaO+MgO и 3–4% остаточного CO<sub>2</sub> при удельном расходе 160 кг условного топлива с размером барабана (м) производительностью (т/сут): 1,2×12 – 28; 2,3×22 – 145; 2,5×26 – 180; 3,6×40 – 420; 4×44 – 550.

**Ключевые слова:** производство извести, шахтный подогреватель сырья, шахтный холодильник извести, короткие вращающиеся печи.

#### Список литературы

1. Монастырев А.В. Устройство для подогрева кускового материала. А. с. 407166 СССР. Б.И. 1973. № 46.
2. Монастырев А.В. Устройство для подогрева кускового материала.

А. с. 471498 СССР. Б.И. 1975 № 19.

3. Монастырев А.В. Пути технического прогресса в производстве металлургической извести // Сталь. 1990. № 1. С. 102–104.
4. Монастырев А.В., Александров А.В. Печи для производства извести. М.: Металлургия, 1979. 233 с.
5. Quittkat W.G., Jank F. Planung und Inbetriebsetzung einer Drehofenanlage zur Herstellung von 600 t/d Stahlwerks in Wuhan // ZEMENT-KALK-GIPS. 1981. № 7. S. 370–376.
6. Владимиров В.С., Мойзис С.Е. и др. Новые огнеупорные и теплоизоляционные материалы и технологии их производства // Новые огнеупоры. 2002. № 1. С. 81–88.

УДК 66.041.3-65: 691.365

А.И. НИЖЕГОРОДОВ, канд. техн. наук (nastromo\_irkutsk@mail.ru), директор ООО «Квалитет» (Иркутск)

## Критерии выбора оптимального режима работы электрической модульной печи для обжига вермикулита

Изучению электрических модульно-спусковых печей посвящено уже несколько работ [1, 2, 3, 4], однако до сих пор не был решен вопрос об оптимальном соотношении температуры и времени обжига, при котором показатели печи – производительность, КПД и удельная энергоёмкость имели бы экстремальные значения.

Задачей исследования является определение критериев выбора оптимального режима работы модульно-спусковой печи.

Термодинамика системы печь–среда описывается системой уравнений:

$$dQ_{\Sigma} / dt = 3 x I_{\text{на}} U t \chi_{\text{п}} / \eta_{\text{тд}}; \quad (1)$$

$$I_{\text{на}} U = T^4 \varepsilon_{\text{н}} \sigma n x (2l + 2l_0 + \pi r) / \kappa^4; \quad (2)$$

$$\eta_{\text{п}} = E_{i(j)} x \Pi \eta_{\text{тд}} / 3 x I_{\text{на}} U x 3600 \quad (3)$$

(1) – дифференциальное уравнение баланса мощностей системы печь–среда отражает воздействие температурного поля на поток вермикулитового концентрата, определяет время обжига и уровень температурного излучения;

(2) – уравнение баланса подводимой электрической энергии и энергии температурного излучения в одном модуле печи;

(3) – зависимость коэффициента полезного действия печи от производительности и электрической мощности.

Разделяя переменные и интегрируя уравнение (1) по времени, получим:

$$Q_{\Sigma} = 3 x I_{\text{на}} U t \chi_{\text{п}} / \eta_{\text{тд}} + C, \quad (4)$$

где  $C$  – постоянная интегрирования при  $t = 0$ , равная нулю.

Подставляя уравнение (2) в правую часть уравнения (4), получим:

$$Q_{\Sigma} = 3 x T^4 \varepsilon_{\text{н}} \sigma n x (2l + 2l_0 + \pi r) 2\chi t \chi_{\text{п}} / \eta_{\text{тд}} \kappa^4,$$

где  $n (2l + 2l_0 + \pi r) 2\chi = S_{\Sigma}$  – суммарная площадь поверхности нагревателей. Развернем левую часть полученного уравнения и разделим на время:

$$m/t (0,816 c K_7 \Delta T + 0,184 c_{\text{но}} + 0,184 c_{\text{п}} \Delta T) = 3 T^4 \varepsilon_{\text{н}} \sigma S_{\Sigma} \chi_{\text{п}} / \eta_{\text{тд}} \kappa^4. \quad (5)$$

Полученное уравнение, связывающее температуру, время и массу концентрата, описывает термодинамическое равновесие системы: печь–среда ( $n$  – количество нагревателей на модуле;  $l$  – длина модуля;  $l_0$  – зона крепления;  $\pi r$  – периметр консоли нагревателя;  $2\chi$  – периметр сечения нихрома;  $\eta_{\text{тд}}$  – термодинамический КПД процесса обжига (~0,468);  $\kappa_{\text{п}}$  – коэффициент, учи-

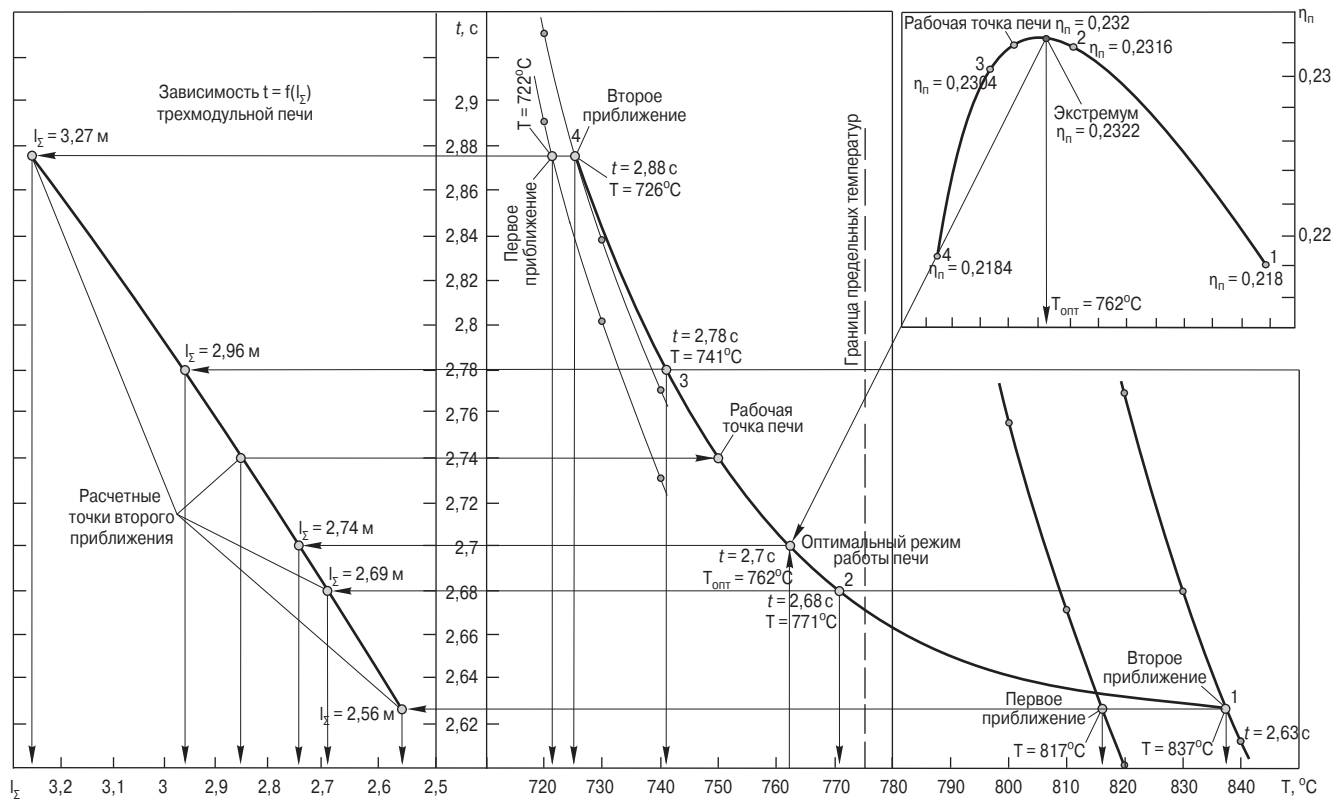


Рис. 1. Графики, иллюстрирующие термодинамическое равновесие системы печь–среда

тывающий потери излучения через торцевые участки модулей; 0,816 и 0,184 – усредненное доленое содержание сухого минерала и химически связанной воды в ковдорском концентрате;  $c$  – удельная теплоемкость вермикулита;  $K_T$  – коэффициент, учитывающий изменение удельной теплоемкости при нагреве (~1,226);  $\Delta T$  – изменение температуры вермикулита при обжиге (100→750°C);  $T$  – температура излучающих поверхностей (°K);  $\epsilon_n$  – степень «черноты» излучающих поверхностей (~0,96);  $\sigma$  – постоянная Стефана–Больцмана ( $5,67 \times 10^{-8}$ , Вт/м<sup>2</sup>×K<sup>4</sup>).

Решая уравнение (5) относительно массы при  $t = 2,74$  с (2,74 – постоянная времени опытно-промышленной печи), получим массу концентрата, проходящего через печь:

$$m = 3T^4 \epsilon_n \sigma S_{\Sigma} x t \eta_n / (0,816 c K_T \Delta T + 0,184 c_{no} + 0,184 c_n \Delta T) \chi \eta_{td} \kappa_n^4$$

При  $T = 1023^{\circ}\text{K}$  (750°C);  $n = 11$ ;  $l = 0,95$  м;  $l_0 = 0,02$  м;  $r = 0,05$  м;  $\chi = 0,012$  м;  $\kappa_n = 0,95$  задавая значения КПД опытно-промышленной печи при работе на ковдорских концентратах (КВК-1 –  $\eta_n = 0,241$ ; КВК-2 –  $\eta_n = 0,232$

и КВК-4 –  $\eta_n = 0,226$ ), определим значения масс концентратов (кг):  $m_{(КВК-1)} = 0,141$ ;  $m_{(КВК-2)} = 0,1371$ ;  $m_{(КВК-4)} = 0,133$  кг.

При  $t = 2,74$  с,  $T = 750^{\circ}\text{C}$  (рабочая точка опытно-промышленной печи, рис. 1) и полученных значениях массы  $m$  термодинамическое состояние системы печь–среда соответствует полной дегидратации и минимальному весу излученного материала, а равенство (5) правомерно.

Задача исследования аналитической модели заключается в определении значений температуры и времени, при которых обеспечиваются равные условия обжига и их оптимальные значения. Решим уравнение (5) относительно времени:

$$t = m(0,816 c K_T \Delta T + 0,184 c_{no} + 0,184 c_n \Delta T) \eta_{td} \kappa_n^4 / 3T^4 \epsilon_n \sigma S_{\Sigma} \chi \eta_n$$

Изменение температуры и времени обжига в окрестностях рабочей точки изменяет все параметры: суммарную длину модулей –  $l_{\Sigma}$ , рабочую длину –  $l_p$  и токовую нагрузку печи –  $I_{па}$ .

Воспользуемся графо-аналитическим методом. Для удобства график  $t$  от  $l_{\Sigma}$ , показан в левой части рис. 1.

Таблица 1

T, °C	t <sub>p</sub> , с: 1-е приближение	t <sub>p</sub> , с: 2-е приближение	Значения параметров в т. 1-го приближения при t = 2,88, l <sub>Σ</sub> = 3,27 м		
			I <sub>па</sub> , А	П, м <sup>3</sup> /час	η <sub>n</sub>
700	3,08	3,12			
710	2,99	3			
720	2,89	2,93			
730	2,802	2,837			
740	2,73	2,77			
			179	1,328	0,2184

Таблица 2

T, °C	t <sub>p</sub> , с: 1-е приближение	t <sub>p</sub> , с: 2-е приближение	Значения параметров в т. 1-го приближения при t = 2,63, l <sub>Σ</sub> = 2,56 м		
			I <sub>па</sub> , А	П, м <sup>3</sup> /час	η <sub>n</sub>
800	2,755	2,93			
810	2,671	2,84			
820	2,6	2,77			
830	2,54	2,68			
840	2,47	2,63			
			206	1,454	0,218

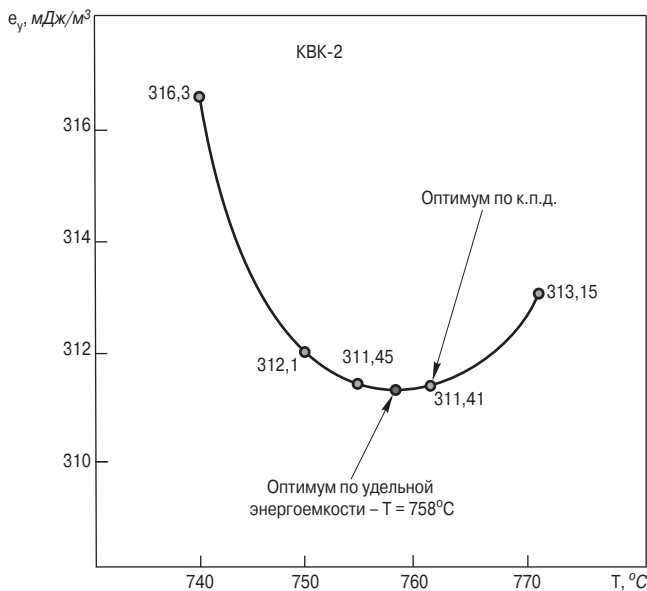


Рис. 2. Зависимость удельной энергоёмкости обжига от температуры

Алгоритм решения следующий:

1. Задаем значения времени в окрестностях рабочей точки печи (рис. 1) и определяем по графику суммарную длину модулей:  $t = 2,63 \text{ с} \rightarrow l_{\Sigma} = 2,56 \text{ м}$ ;  $t = 2,68 \text{ с} \rightarrow l_{\Sigma} = 2,69 \text{ м}$ ;  $t = 2,78 \text{ с} \rightarrow l_{\Sigma} = 2,96 \text{ м}$  и  $t = 2,88 \text{ с} \rightarrow l_{\Sigma} = 3,27 \text{ м}$ .
2. Определяем длину одного модуля:  $l = l_{\Sigma} / 3$ .
3. Проводим горизонтальные прямые при:  $t = 2,63 \text{ с}$ ,  $t = 2,68 \text{ с}$ ,  $t = 2,78 \text{ с}$ ,  $t = 2,88 \text{ с}$ .
4. В области ожидаемого решения задаем ряд значений температуры и подставляем в уравнение (6) значение КПД — 0,232.
5. Полученные значения времени отмечаем на графике (рис. 1) точками и соединяем их.
6. Находим точки пересечения полученных кривых с горизонтальными прямыми при  $t = 2,63 \text{ с}$ ,  $t = 2,68 \text{ с}$ ,  $t = 2,78 \text{ с}$  и  $t = 2,88 \text{ с}$ , определяющие первое приближение значений температуры.
7. Подставляем полученные значения  $T$  в уравнение (2), определяем электрическую мощность модуля.
8. Определяем часовую объемную производительность:

$$П = (m / t) K_B \cdot 10^{-3} \times 3600 \text{ м}^3/\text{ч}$$

( $K_B$  — коэффициент вспучивания для КВК-2 —  $7,74 \times 10^{-3}$ , м<sup>3</sup>/кг).

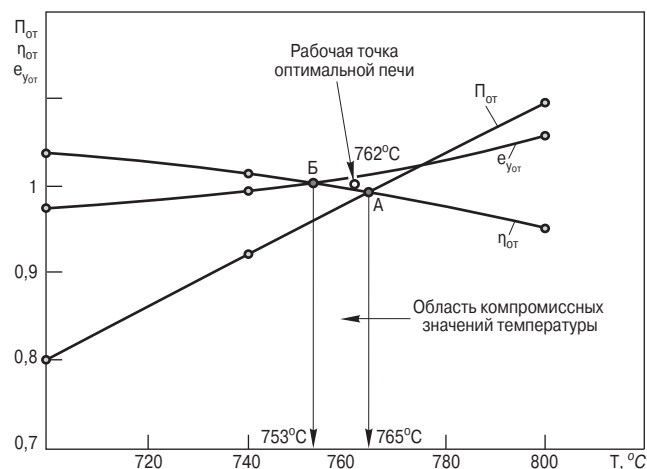


Рис. 3. Графики относительных производительности, КПД и удельной энергоёмкости и область компромиссных значений температур

9. По формуле (3) определяем КПД в точке первого приближения ( $E_{ij}$ ) — удельная энергия теплоусвоения 1 м<sup>3</sup> (для КВК-2  $E_2 = 155,1$  МДж).
10. Задаем значения температур и с учетом нового значения КПД, подставляем в уравнение (6), определяем время.
11. Значения, соответствующие заданным температурам, отмечаем точками и соединяем их кривыми до определения точек пересечения.
12. Определяем значения температур второго приближения.
13. Соединяем полученные точки с рабочей точкой опытно-промышленной печи, строим график температура — время обжига.

Численные результаты решения для двух точек приведены в табл. 1 и 2.

График искомой зависимости имеет характер гиперболы. С увеличением температуры необходимое время обжига асимптотически убывает, поэтому увеличение  $T$  более  $780 \div 800^\circ\text{C}$  нецелесообразно. Кроме того, при температуре  $800^\circ\text{C}$  и выше происходят химико-минералогические изменения: вермикулит перекристаллизуется в энстатит — весьма хрупкий материал [5].

Увеличение времени более 2,88 с также нецелесообразно из-за существенного возрастания длины модулей и габаритов печи.

В табл. 1 и 2 приведены значения производительности и КПД при переходе в другие температурно-временные области. При увеличении времени от 2,74 ( $П = 1,39 \text{ м}^3/\text{час}$ ) до 2,88 с, производительность снижается на 4,5%.

Решающим фактором при выборе рабочей точки печи является коэффициент полезного действия. Характерно, что при изменении температуры как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения КПД печи относительно основной рабочей точки снижается, хотя и незначительно.

На рис. 1 показан график изменения КПД, построенный по результатам вычислений при втором приближении. Из графика видно, что точка экстремума не соответствует рабочей точке печи, хотя значение КПД в экстремуме всего на 0,09% больше. Тем не менее по точке экстремума можно определить оптимальную рабочую температуру  $\sim 762^\circ\text{C}$  и соответствующую рабочую точку на графике температура—время. Таким образом, трехмодульная печь, обладающая оптимальными рабочими параметрами, должна работать при  $T = 762^\circ\text{C}$  и  $t = 2,7 \text{ с}$ .

К аналогичным выводам приводит анализ зависимости удельной энергоёмкости от температуры, показанной на рис. 2. Расчет удельной энергоёмкости проводился по формуле (Дж/м<sup>3</sup>):

$$e_y = 3 \times I_{\text{па}} U \times 3600 / П.$$

Точки экстремума по КПД и удельной энергоёмкости точно не совпадают, так как указанные характеристики отражают разные стороны процесса, но значения энергоёмкости в этих точках ( $e_y = 311,26$  МДж/м<sup>3</sup> при  $T = 758^\circ\text{C}$  и  $e_y = 311,41$  МДж/м<sup>3</sup> при  $T = 762^\circ\text{C}$ ) соотносятся как 0,999518, и этим расхождением можно пренебречь.

Определим значения основных показателей эффективности оптимальной трехмодульной печи. По графику на рис. 1 при  $t = 2,7 \text{ с}$  определяем суммарную длину модулей:  $l_{\Sigma} = 2,74 \text{ м}$ . Исходя из формулы (2) определяем токовую нагрузку печи при  $T = 762^\circ\text{C}$ :  $I_{\text{па}} = 186,5 \text{ А}$ . При этом потребляемая мощность печи в точке оптимума:  $N = 122 \text{ кВт}$ .

Производительность печи при работе на различных размерных группах концентратов:

- КВК-1:  $П = (0,141 / 2,7) \times 6,43 \times 10^{-3} \times 3600 = 1,21 \text{ м}^3/\text{ч}$ .
- КВК-2:  $П = (0,137 / 2,7) \times 7,74 \times 10^{-3} \times 3600 = 1,41 \text{ м}^3/\text{ч}$ .



Таблица 3

T, °C	700	740	800
П, м³/ч	1,135	1,3	1,538
η <sub>п</sub>	0,24	0,235	0,22
e <sub>y</sub> , МДж/м³	302,2	309,7	329,9
П <sub>от</sub>	0,8	0,92	1,09
η <sub>п(от)</sub>	1,034	1,013	0,95
e <sub>y(от)</sub>	0,97	0,99	1,055

– КВК-4: П = (0,133 / 2,7) × 9,2 × 10<sup>-3</sup> × 3600 = 1,63 м³/ч.

Определяем КПД для всех размерных групп концентратов:

– КВК-1: η<sub>п</sub> = 187040000 × 1,21 × 0,468 / 3 × 186,5 × 218 × 3600 = 0,241;

– КВК-2: η<sub>п</sub> = 0,2322;

– КВК-4: η<sub>п</sub> = 130610000 × 1,63 × 0,468 / 3 × 186,5 × 218 × 3600 = 0,227.

Удельную энергоёмкость процесса обжига:

– КВК-1: e<sub>y</sub> = 3 × 186,5 × 218 × 3600 / 1,21 = 3,63 · 10<sup>8</sup> Дж/м³;

– КВК-2: e<sub>y</sub> = 3 × 186,5 × 218 × 3600 / 1,41 = 3,11 · 10<sup>8</sup> Дж/м³;

– КВК-4: e<sub>y</sub> = 3 × 186,5 × 218 × 3600 / 1,63 = 2,69 · 10<sup>8</sup> Дж/м³.

Так как печь должна обладать возможностью регулирования температуры, рассмотрим изменение основных показателей при изменении токовой нагрузки I<sub>на</sub>. Зададим ряд значений T и произведем расчет в окрестностях рабочей точки печи с оптимальными параметрами (t = 2,7 с и T = 762, 800, 740 и 700°C) соответствующих значений массы, токовой нагрузки, производительности, КПД и удельной энергоёмкости, табл. 3.

В табл. 3 приведены также относительные величины:

– относительная производительность: П<sub>от</sub> = П<sub>Ti</sub> / П<sub>(T=762)</sub>;

– относительный КПД: η<sub>п(от)</sub> = η<sub>пTi</sub> / η<sub>п(T=762)</sub>;

– относительная удельная энергоёмкость: e<sub>y(от)</sub> = e<sub>yTi</sub> / e<sub>y(T=762)</sub>.

Чтобы найти компромиссное решение, обратимся к относительным показателям, изменение которых при заданных значениях температуры показано на рис. 3.

Анализ данных показывает, что при смещении рабочей точки оптимальной печи в область пониженных температур обнаруживается тенденция к возрастанию КПД и снижению удельной энергоёмкости, но вместе с тем происходит уменьшение производительности печи.

Пересечение графиков относительных производительности и КПД печи (точка А) определяет новое (повышенное) значение оптимальной температуры – 765°C. Точка Б на пересечении графиков относительных производительности и удельной энергоёмкости снижает оптимальное значение температуры до уровня 753°C. Так образуется область компромиссных температур, определяющих оптимальный режим работы трехмодульной печи. Рабочая точка оптимальной печи находится в указанной области.

Два главных критерия – коэффициент полезного действия и удельная энергоёмкость определяют оптимальные рабочие параметры электрической модульной спусковой печи. При любых других значениях температуры за пределами компромиссной зоны показатели эффективности печи ухудшаются.

Ключевые слова: модульно-спусковая печь, обжиг, вермикулит, критерии выбора, оптимальный режим.

Ключевые слова: модульно-спусковая печь, обжиг, вермикулит, критерии выбора, оптимальный режим.

Список литературы

1. Нижегородов А.И. Некоторые аспекты технологии подготовки и обжига вермикулитовых концентратов в электрических печах // Строит. материалы. 2007. № 11 / Technology. С. 16–17.
2. Нижегородов А.И. Третье поколение электрических модульно-спусковых печей для обжига вермикулитовых концентратов серии ПЭМС // Строит. материалы. 2008. № 10 / Technology. С. 84–85.
3. Нижегородов А.И. Развитие концепции модульно-спусковых электрических печей для обжига вермикулитовых концентратов // Строительные и дорожные машины. 2009. № 10. С. 24–27.
4. Нижегородов А.И. Эффективность огневых и электрических модульно-спусковых печей для обжига вермикулита // Технология машиностроения. 2010. № 1. С. 32–34.
5. Подоляк Ф.С. Сравнительная эффективность печей для обжига вермикулита // Строит. материалы. 1973. № 8. С. 9–11.

СТАРЕЙШАЯ ОТРАСЛЕВАЯ ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ

ОТМЕЧАЕТ 80-ЛЕТИЕ И ПРИГЛАШАЕТ

80 лет

воспользоваться ее уникальными фондами – свыше 1,5 млн печатных единиц, включая редкие книги, отечественную и иностранную периодику.

Тематика библиотеки охватывает издания по всем разделам истории и теории архитектуры, градостроительства, строительства, строительных материалов и смежных искусств.

Представлены материалы по живописи, графике, скульптуре, прикладным искусствам, географии и картографии. Особо ценен выверяемый фонд нормативно-технических документов по проектированию и строительству.

ОКАЗЫВАЕТ ЧИТАТЕЛЯМ СЛЕДУЮЩИЕ УСЛУГИ:

- библиографическую помощь для написания научных трудов, диссертаций, курсовых и дипломных работ;
- методические консультации по работе с фондом нормативно-технических документов;
- абонементное обслуживание и приоритетное обслуживание по договорам;
- заказ литературы по электронной почте: cntb\_sa2001@mail.ru;
- ксерокопирование;
- фотографирование документов фонда;
- сканирование.

Студентам и аспирантам профильных вузов предлагаем работу с частичной занятостью.

Более подробную информацию об услугах библиотеки можно получить по телефонам:

отдел обслуживания – (495) 976-03-65  
 дежурный библиограф – (495) 976-45-48  
 тел./факс – (495) 976-48-82

e-mail: cntb\_sa2001@mail.ru

Адрес: Москва, Дмитровское ш., 9, стр. 3 (проезд: ст. м. «Тимирязевская»)

УДК 693.554-4:666.982

С.В. ФЕДОСОВ, д-р техн. наук, академик РААСН, Ю.А. ЩЕПОЧКИНА, д-р техн. наук, Ивановский государственный архитектурно-строительный университет

## О перспективных конструкциях пресс-форм для изготовления бетонных и железобетонных изделий с криволинейными поверхностями

Наряду с широко применяемыми в строительной индустрии пресс-формами для изготовления бетонных и железобетонных изделий [1] в последние годы резко обозначилась потребность в разработке несложных в изготовлении и удобных в эксплуатации конструкций. В современном строительстве в ряде случаев возникает потребность в нестандартных изделиях, например в изделиях с гладкими криволинейными поверхностями. В этой связи в данной работе представлены новые конструктивные решения пресс-форм, предназначенные для получения изделий из бетона сложной конфигурации.

В Ивановском государственном архитектурно-строительном университете предложена пресс-форма [2] для получения сводов, куполов и других изделий с выпуклыми и вогнутыми поверхностями, включая фигурные (рис. 1).

Эта пресс-форма относится к технически сложным конструкциям. В форме внутренние перегородки выполняются эластичными с возможностью образования в объеме формы полости, причем полость сообщается с нагнетателем (не показан) воды или воздуха. Принцип действия такой формы заключается в получении изделий методом выдавливания цементно-песчаной, бетонной смеси из поддона, имеющего заданную криволинейную поверхность. Для придания изделию повышенной прочности на поддон предварительно может быть уложена арматура. Процесс выдавливания смеси осуществляется при наполнении внутренних перегородок жидкой (вода) или газообразной (воздух) средой. В качестве нагнетателя воды могут использоваться, например, разнообразные насосы, а воздуха – вентиляторы высокого давления, воздуходувки. Для уменьшения расхода жидкой или газообразной среды при заполнении полости форма может иметь крышку (не показана), выполненную,

например, в виде плиты. В этом случае форма должна быть снабжена технологическим отверстием, выполненным в крышке.

Для придания правильной формы изделию в края внутренних перегородок (по периметру) необходимо вставить гибкий шнур. Свободные концы шнура пропускаются через блоки и нагружаются наборными противовесами. При этом края внутренних перегородок вытягиваются в прямую линию, обеспечивая заданную конфигурацию (квадрат, прямоугольник). Для придания изделию круглой конфигурации вместо гибкого шнура может устанавливаться по периметру внутренней перегородки жесткое металлическое (из стальной проволоки) кольцо, с фиксаторами его положения. В период формования изделия важно поддерживать в полости, образованной внутренними перегородками, требуемого давления воды, воздуха. То есть форма должна быть снабжена системой автоматического поддержания давления, что предполагает наличие датчика давления и исполнительного механизма для включения и выключения нагнетателя среды.

Для получения в формуемом изделии отверстий (окон, проемов) внутренняя поверхность боковой стенки может быть снабжена криволинейным накладным элементом, имеющим толщину, равную или меньшую, чем толщина формуемого изделия.

Такая форма может найти применение при изготовлении тонких цементно-песчаных, бетонных (железобетонных) и даже гипсовых сводов (методом быстрого выдавливания) квадратной и прямоугольной конфигурации, а также линзообразных, шарообразных куполов и других фигурных изделий, в том числе сборных.

Для получения сводов круглой, овальной и эллипсоидной конфигурации предложена конструкция [3] пресс-формы (рис. 2).

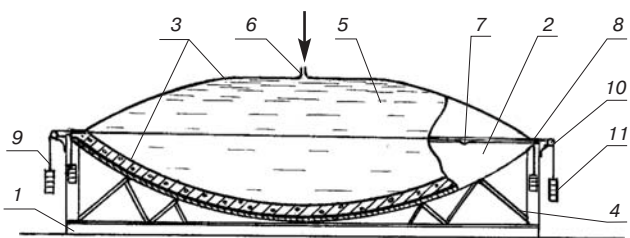


Рис. 1. Схема разъемной пресс-формы: 1 – поддон; 2 – боковая стенка; 3 – внутренние перегородки; 4 – элемент крепления; 5 – полость; 6 – патрубок; 7 – лотки; 8 – края внутренних перегородок; 9 – гибкий шнур; 10 – блоки; 11 – противовесы

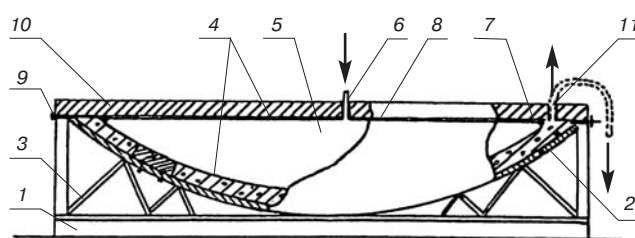


Рис. 2. Схема разъемной пресс-формы: 1 – основание; 2 – криволинейное днище; 3 – элементы крепления днища к основанию; 4 – эластичная резиновая камера; 5 – полость; 6 – штуцер; 7 – край эластичной резиновой камеры; 8 – жесткое металлическое кольцо; 9 – фиксатор; 10 – крышка; 11 – отверстия

Пресс-форма для изготовления бетонных и железобетонных изделий в виде сводов круглой конфигурации содержит горизонтальное основание, криволинейное днище, элементы крепления днища к основанию, эластичную резиновую камеру, полость которой сообщается через штуцер с системой (не показана) подачи текучей (газообразной или жидкой) среды от источника высокого давления. Для придания изделию круглой конфигурации по краю эластичной (резиновой) камеры установлено жесткое металлическое (из стальной проволоки или прутка) кольцо с фиксаторами его положения. В качестве текучей среды могут быть использованы воздух, вода или раствор с противоморозными добавками (в холодное время года). Для снижения расхода текучей среды при заполнении полости эластичной камеры криволинейное днище может быть снабжено крышкой, выполненной, например, в виде съемной плиты с отверстиями для слива излишков формуемого материала. Для получения в формуемом изделии технологических отверстий (окон, проемов) на криволинейное днище может быть установлен с возможностью съема по меньшей мере один криволинейный накладной элемент, повторяющий конфигурацию отверстия.

При больших габаритах изделия или по требованиям безопасности на криволинейное днище может быть уложена арматура. Затем криволинейное днище заполняют до расчетного уровня формуемым материалом (бетонной смесью), после чего накладывают сверху эластичную камеру с проложенным по краю жестким металлическим кольцом и с помощью фиксаторов закрепляют ее в требуемом положении. Для исключения прилипания эластичной резиновой камеры к формуемому материалу между ними может закладываться тонкая пленка, например из полиэти-

лена. Процесс формования изделия сводится к следующему. На эластичную камеру устанавливают крышку, скрепляя ее при необходимости с краем криволинейного днища. Затем в полость камеры через штуцер подают текучую среду, например воздух, используя для этого воздуходувную машину высокого давления. При этом избыток формуемого материала (бетонной смеси) выдавливается через отверстия для слива излишков формуемого материала. После завершения стадии формования изделия (свода) производят сброс текучей среды (воздуха) из полости эластичной камеры, ослабляют фиксаторы, снимают крышку и извлекают камеру. Отформованное изделие после приобретения им необходимой прочности снимают с криволинейного днища и направляют на участок твердения. Крышку очищают от налипшего бетона.

С помощью предложенной пресс-формы можно изготавливать тонкие монолитные цементно-песчаные, бетонные и железобетонные своды круглой, овальной и эллипсоидной конфигурации, в том числе шарообразные купола и фигурные изделия.

**Список литературы**

1. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. М.: Высш. шк., 1987. 415 с.
2. Патент на полезную модель № 61187 РФ. Пресс-форма для изготовления бетонных и железобетонных изделий, МКИ В 28 В 7/06 / Ю.А. Щепочкина, С.В. Федосов. 2007. Бюл. № 6.
3. Патент на полезную модель № 61186 РФ. Пресс-форма для изготовления бетонных и железобетонных изделий, МКИ В 28 В 7/06 / Ю.А. Щепочкина, С.В. Федосов. 2007. Бюл. № 6.

**Научная конференция – II академические чтения, посвященные памяти академика Г.Л. Осипова  
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ – ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**7–9 июля 2010 г.**

**Москва**

**Организаторы**

Научно-исследовательский институт строительной физики (НИИСФ РААСН)  
Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН)  
Московский государственный строительный университет (МГСУ)  
Российский союз строителей РФ (РСС РФ)



**Тематика конференции**

- Энергосбережение в строительстве
- Строительная теплофизика
- Строительная и архитектурная акустика
- Строительная светотехника
- Секция. Научная школа для молодежи «Строительная физика, энергосбережение и экологическая безопасность»
- Вопросы экологии в строительстве
- Долговечность и прочность строительных конструкций
- Ремонт и эксплуатация объектов коммунального хозяйства
- Высотное строительство

**К академическим чтениям будет выпущен сборник трудов.**

**В рамках конференции состоится конкурс среди студентов, магистров, аспирантов, молодых ученых, научных сотрудников вузов до 35 лет, научных и проектных учреждений**



**Информационная поддержка**



**Место проведения:** МГСУ, Ярославское шоссе, д. 26

**Оргкомитет:** 127238, Москва, Локомотивный проезд, д. 21, к. 3 (светотехнический корпус) НИИСФ РААСН  
Тел.: (495) 488-70-05, Факс: (495) 482-40-60, E-mail: org.com@list.ru, www.niisf.ru

УДК 553.6.002.5/66.074.2:666.6

Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, д-р техн. наук, Воронежская государственная технологическая академия (ВГТА); В.И. НИКОЛАЕВ, канд. экономич. наук, ОАО «Вагонреммаш»; Н.В. ПИГЛОВСКИЙ, ведущий инженер (piglovsky@vagon.vrn.ru), Воронежский вагоноремонтный завод (ВВРЗ); М.Н. ФЕДОРОВА, инженер-экономист, ОАО «Минудобрения» (г. Россошь, Воронежская обл.)

## Конструкции, расчет и аэродинамическая оптимизация вихревых пылеуловителей в производстве строительных материалов

Одним из прогрессивных аэродинамических способов интенсификации и повышения эффективности пылеуловителей является применение закрученного пылегазового потока. Аппараты, в которых используют вспомогательный закрученный поток, — вихревые пылеуловители появились сравнительно недавно, но успели получить значительное распространение в производстве строительных материалов и конструкционных огнеупоров [1].

В вихревом аппарате соплового типа (рис. 1, а) запыленный газовый поток закручивается лопаточным завихрителем и движется вверх, подвергаясь при этом воздействию вытекающих из тангенциально расположенных сопел 3 струй вторичного газа (воздуха).

Под действием центробежных сил взвешенные в потоке частицы отбрасываются к периферии, а оттуда в возбуждаемый струями спиральный поток вторичного газа, направляющий их вниз в кольцевое межтрубное пространство. Вторичный газ в ходе спирального обтекания потока очищаемого газа постепенно полностью проникает в него. Кольцевое пространство вокруг входного патрубка оснащено подпорной шайбой 6, обеспечивающей безвозвратный спуск пыли в бункер 7.

Вихревой пылеуловитель лопаточного типа (рис. 1, б) отличается тем, что вторичный газ отбирается с периферии очищенного газа и подается кольцевым направляющим аппаратом с наклонными лопатками 8.

За рубежом вихревые пылеуловители выпускаются производительностью по очищаемым газам от 330 до 30000 м<sup>3</sup>/ч.

В качестве вторичного газа в вихревых пылеуловителях может быть использован воздух из окружающей среды, периферийная часть потока очищенных газов и запыленные газы. Варианты подвода вторичного газа показаны на рис. 2.

С экономической точки зрения наихудшим является вариант с использованием воздуха из окружающей среды. Однако он представляется оправданным при необходимости охлаждения запыленных газов. Наиболее выгодным в экономическом отношении является использование в качестве вторичного потока запыленных газов. В этом случае производительность аппарата повышается на 40–65% без заметного снижения эффективности очистки.

Установлено, что оптимальный расход вторичного газа должен составлять 30–35% от первичного [4, 5].

Подобно циклонам вихревые пылеуловители могут компоноваться в группы. Это делается с целью увеличения эффективности пылеулавливания за счет уменьшения диаметра аппаратов.

При диаметре частиц пыли  $d_p$ , лежащем в пределах  $4 < d_p < 30$  мкм, эффективность пылеулавливания в вихревых аппаратах меняется от 96 до 99,8%. Минимальный

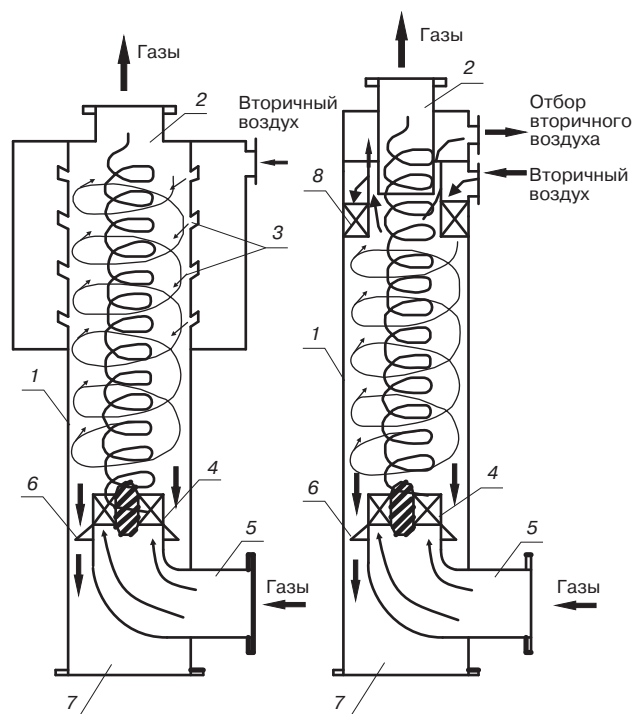


Рис. 1. Конструкции вихревых пылеуловителей: а – соплового типа; б – лопаточного типа; 1 – камера; 2 – выходной патрубок; 3 – сопла; 4 – лопаточный завихритель типа «розетка»; 5 – входной патрубок; 6 – подпорная шайба; 7 – пылевой бункер; 8 – кольцевой лопаточный завихритель

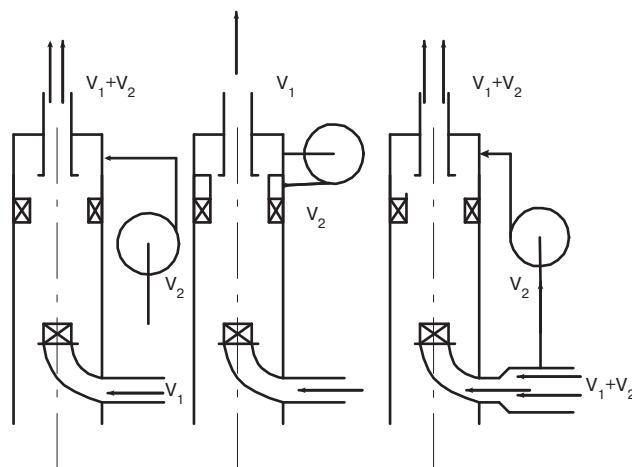


Рис. 2. Варианты подвода вторичного газа к вихревым пылеуловителям [2, 3]: а – подвод внешнего воздуха; б – подвод очищенных газов; в – подвод запыленных газов

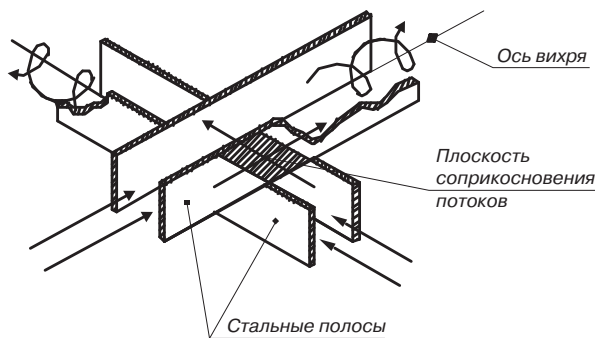


Рис. 3. Место пересечения разделяемых потоков

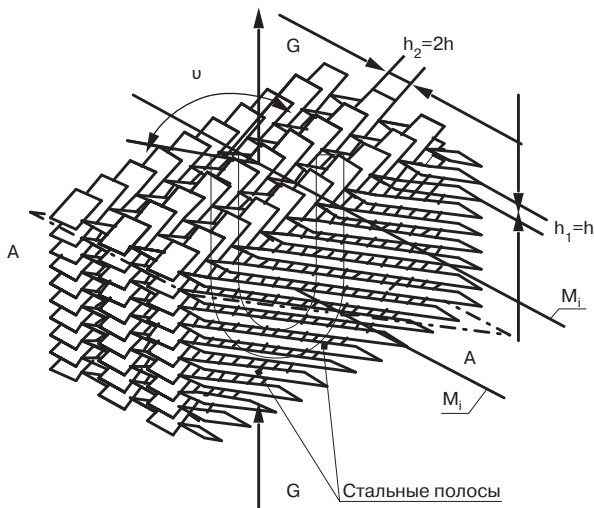


Рис. 4. Пылеуловитель «Multiwir-I» [6]

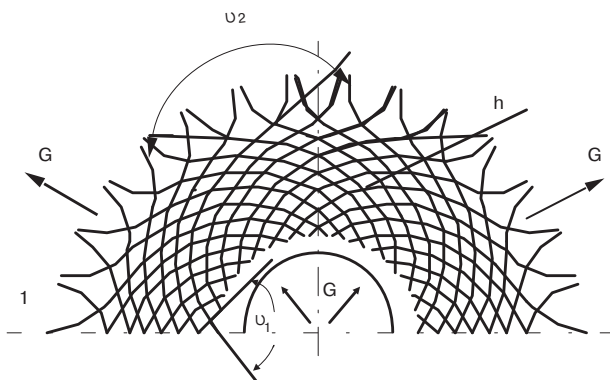


Рис. 5. Пылеуловитель «Multiwir-II» [6]

диаметр частиц, полностью улавливаемых в вихревом пылеуловителе  $d_{min}$ , м, рассчитывают по формуле

$$d_{min} = \sqrt{w_z \cdot \frac{\ln D_{ann} / D_{mp}}{H \cdot \frac{1}{18\mu_z} (\rho_p - \rho_z) \omega^2}}, \quad (1)$$

где  $w_z$  – скорость газов в свободном сечении аппарата, м/с;  $H$  – высота пылеулавливающей камеры, м;  $D_{ann}$ ,  $D_{mp}$  – диаметры аппарата, м;  $\omega$  (омега) – угловая скорость,  $c^{-1}$ ;  $\rho_p$ ,  $\rho_z$  – плотности пылевой частицы и газовой среды,  $кг/м^3$ ;  $\mu_z$  – динамическая вязкость газа, Па·с.

Интересно отметить, что сопоставление параметров работы высокоэффективных циклонов и вихревых аппаратов показало, что частицы пыли при  $d_m \geq 3 \text{ мкм}$  экономичнее улавливать циклонами, а при  $d_m \leq 3 \text{ мкм}$  – вихревыми пылеуловителями.

Особый интерес представляет вихревой пылеуловитель типа «Multiwir» (Институт изучения окружающей

среды при Техническом университете в Клаустале-Целлерфельде (Германия)) [6].

При прохождении потоком мультивихревого аппарата подлежащий очистке газ сепарируется во вращающемся потоке. Вихри создаются при взаимном обмене импульсами, возникающими в местах пересечения тангенциально соприкасающихся пылегазовых потоков, как это показано на рис. 3. Перспективные модификации таких аппаратов – «Multiwir-I» и «Multiwir-II» представлены на рис. 4 и 5.

Вихревые пылеуловители типа «Multiwir» состоят из расположенных рядом параллельных каналов, помещенных под углом  $\nu$  к первоначальному направлению потока. Каналы ограничены сверху и снизу стальными полосами. Стенки каналов в аппаратах «Multiwir-I» плоские, в аппаратах «Multiwir-II» имеют форму эвольвентных поверхностей.

Безусловным преимуществом устройств типа «Multiwir» является исключительная простота конструкции, аэродинамическое совершенство, низкое по сравнению с другими инерционными пылеуловителями значение  $\Delta p$ , вполне достаточное для предварительной очистки значение эффективности пылеулавливания  $\eta$  и удобство выгрузки уловленной пыли в транспортеры. Поэтому аппараты «Multiwir» заслуживают внимания специалистов, работающих в производстве строительных материалов, химической и нефтехимической промышленности, черной и цветной металлургии.

Успешно зарекомендовал себя в производстве огнеупоров вихревой пылеуловитель Научно-исследовательского института по охране труда при производстве строительных материалов (НИПИОТСТРОМ), показанный на рис. 6. Этот аппарат состоит из верхнего 1 и нижнего 2 завихрителей, цилиндрического корпуса (сепарационной камеры) 3 и выхлопной трубы 4. Верхний завихритель выполнен в виде спирально-винтообразной усеченной конусной поверхности. По оси нижнего завихрителя расположен усеченный полый конус 5, препятствующий подосу воздуха. Основной поток запыленных газов поступает через верхний завихритель, а дополнительный – через нижний. Сепарация пыли и отбрасывание ее к наружной стенке происходят под действием центробежной силы. Дополнительный поток усиливает закручивание основного, что особенно важно в нижней части аппарата, и удаляет из него мелкую пыль. Отсепарированная пыль поступает в бункер 6 и через затвор 7 в сборник 8, откуда попадает в трубчатый цепной конвейер.

Следует отметить, что положительный опыт эксплуатации пылеуловителей со встречными потоками достаточно велик. Важным преимуществом аппаратов этого типа является универсальность их аэродинамических и пылеулавливающих характеристик, позволяющая за счет изменения соотношения расходов основного и дополнительного пылегазового потоков регулировать процесс пылеулавливания. Высокая эффективность этих аппаратов связана с повышением значений тангенциальных составляющих скорости потока до 40–50 м/с, уменьшением радиальной составляющей, образованием устойчивой циркуляционной зоны, удерживающей высокодисперсную пыль в потоке до агрегирования за счет кинематической коагуляции.

Выполненные нами уточненные поэлементные расчеты гидравлического сопротивления вихревого пылеуловителя, представленного на рис. 6, показывают, что сопротивление завихрителей составляет существенную часть суммарного гидравлического сопротивления аппарата – 99,8%, и поэтому их совершенствование – основной путь снижения энергозатрат при использовании циркуляционного потока.

Сформулированные в [3, 5] принципы создания завихрителей с низким значением коэффициента сопро-

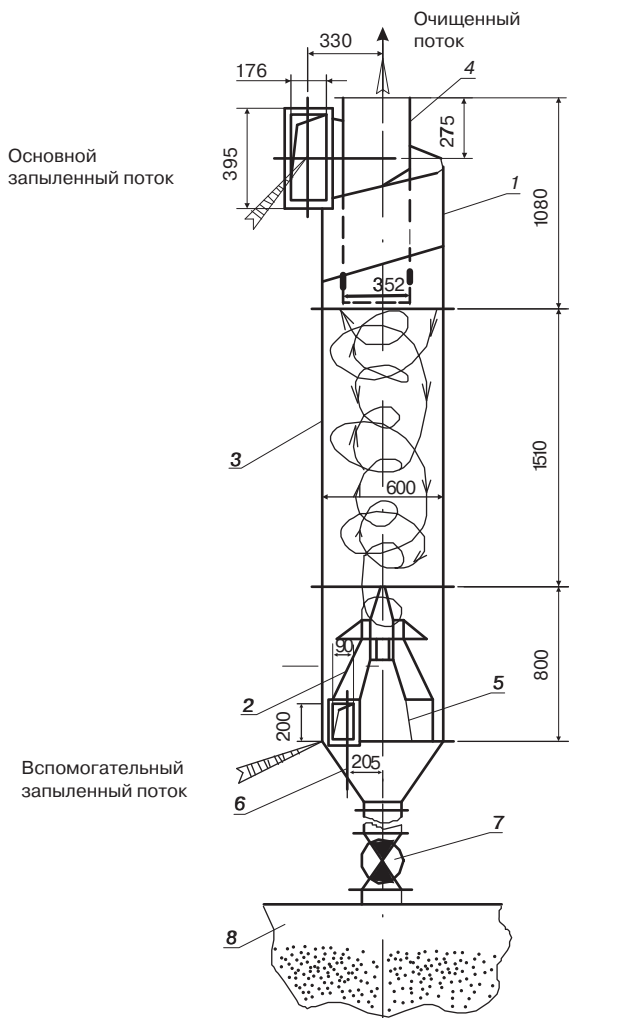


Рис. 6. Вихревой пылеуловитель: 1, 2 – верхний и нижний завихрители, 3 – корпус, 4 – выхлопная труба, 5 – конус, 6 – бункер, 7 – затвор, 8 – сборник

тивления  $\zeta$  состоит в следующем: применение совершенных в аэродинамическом плане закручивателей, формирование рациональной структуры потока, выбор оптимальной интенсивности завихрения. На рис. 7 представлены оптимальные в аэродинамическом плане завихрители, обеспечивающие, как показывает анализ [2–7], минимальные энергетические затраты.

По мнению В.П. Приходько [3], общая эффективность вихревого пылеуловителя  $\eta$  определяется в зависимости от эффективности осаждения частиц в цилиндрической части  $\eta'$  и в завихрителе  $\eta''$ , а фракционная эффективность для  $i$ -ой фракции может быть определена по формуле:

$$\eta_i = 1 - (1 - \eta'_i)(1 - \eta''_i). \quad (2)$$

Таким образом, для увеличения эффективности вихревых пылеуловителей целесообразны следующие способы: интенсификация закрутки газового потока на входе, снижение вторичного уноса пыли, организация своевременной и эффективной выгрузки пыли.

В вихревых аппаратах осевая составляющая скорости потока в центральной части меняет свое направление на противоположное, направленное вверх. Поэтому для снижения выбросов целесообразно углубить выхлопной патрубок до зоны, в которой пылегазовый поток в значительной мере уже свободен от высокодисперсной пыли. Можно считать, что для вихревых пылеуловителей со встречными закрученными потоками

$$H_{погр} \approx (1,9 \div 2,1)D, \quad (3)$$

где  $H_{погр}$  – глубина погружения выхлопного патрубка, м;  $D$  – диаметр аппарата, м.

Весьма перспективно подавление турбулентности в пристенной области, что уменьшает повторное увлечение высокодисперсных частиц газом и существенно уменьшает выброс частиц при  $d_u \leq 10$  мкм.

Следует рекомендовать и организацию отсоса небольшого количества запыленного газа из бункерной части аппаратов.

Отобраный из бункера газ следует распределять между основным и дополнительным потоками, поступающими в пылеуловитель, сохранив при этом соотношение расходов 1:4.

Достаточно перспективен и щелевой отбор пыли из цилиндрической части вихревого пылеуловителя [3]. При этом оказывается возможным удалить часть пылегазового концентрата из рабочей зоны аппарата и стабилизировать работу пылевывпускного устройства.

Преимущества вихревых пылеуловителей со щелевым отбором и встречным закрученным потоком рециркуляционного газа объясняются достаточно рациональной схемой движения потоков и уменьшением пылеуноса со стенок рабочей камеры за счет щелевого отбора концентрированной пылегазовой смеси. Встречный закрученный поток рециркуляционного газа позволяет устранить обмен частицами пыли между центральной и периферийными зонами рабочей камеры. При этом резко уменьшается вынос высокодисперсных фракций пыли.

Известны попытки интенсифицировать работу вихревых аппаратов установкой коронирующих электродов

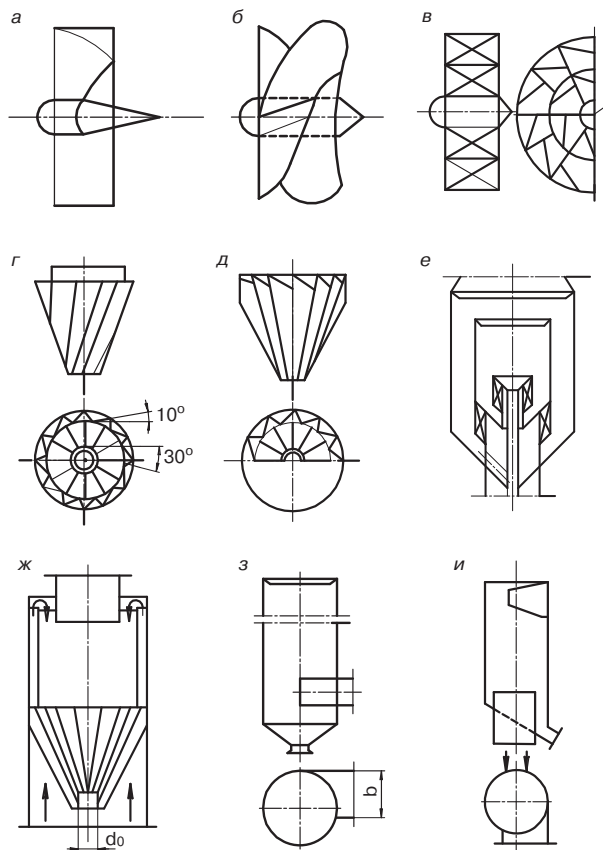


Рис. 7. Завихрители с минимальными энергозатратами: а –  $w = \text{const}$ ; б – профилирование по винтовой линии; в – ступенчатое изменение угла установки лопаток; г, д – конические; е – параллельное расположение завихрителей; ж – подвод части потока в центр лопаточного завихрителя; з, и – подвод части потока в завихрителе с тангенциальным вводом против вращения приосевого вихря

по оси выхлопного патрубка. Однако некоторое повышение эффективности не оправдывается дополнительными затратами.

**Ключевые слова:** вихревые пылеуловители, скорость потока, размер частиц.

**Список литературы**

1. *Энтин В.И., Красовицкий Ю.В., Анжеуров Н.М., Болдырев А.М., Шраге Ф.* Аэродинамические способы повышения эффективности систем и аппаратов пылеулавливания в производстве огнеупоров. Воронеж: Истоки, 1998. 362 с.
2. *Walter J., Wong Hwo-Chi.* Laboratory testing method for PM-10 samplers: lowered effectiveness from particle loading // Aerosol Sci and Technol. 1991. V. 14 – № 1. P. 93–101.
3. *Приходько В.П.* Каплеуловители общепромышленного назначения и аппараты абсорбционного типа // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 1981. С. 15–16.
4. *Сажин Б.С., Гудим Л.И.* Пылеуловители со встречными закрученными потоками. Обзорн. информ. Серия: Охрана окруж. среды и рацион. исполъз. природн. ресурсов. М.: НИИИТЭхим. Вып. 1(38). 1982. 68 с.
6. *Kwasniak I.* Application of the «Multivir» – Method to Separation of Droplets and Solid Particles from Gases/ Eng/ Process., 1988, 24, p. 211–215.
7. *Горемыкин В.А., Красовицкий Ю.В., Панов С.Ю., Логинов А.В.* Энергосберегающее пылеулавливание при производстве керамических пигментов по «сухому» способу. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2001. – 296 с.

150 участников • 20 регионов России и ближнего зарубежья  
Выставочная площадь более 2000 кв.м

## СтройЭКСПО. ЖКХ

29 Всероссийская специализированная выставка

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭКСПОЗИЦИИ:**



**СТРОИТЕЛЬСТВО**

- Быстровозводимые здания и сооружения
- Строительные и отделочные материалы
- Кровля. Изоляция
- Окна. Двери. Ворота
- Строительное и промышленное оборудование
- Строительная и дорожная техника

**СИСТЕМЫ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ**

- Системы очистки воды, водоочистители
- Канализационные системы и оборудование
- Системы вентиляции и кондиционирования
- Системы водоснабжения и отопления
- Котельное оборудование. Насосы
- Трубы. Запорная и регулирующая арматура

**УПРАВЛЕНИЕ ЖИЛИЩНЫМ ФОНДОМ**

- Реконструкция, ремонт и содержание объектов жилфонда
- Локальный ремонт труб и трубных конструкций
- Материалы и оборудование для диагностики и санации
- Новые формы управления ЖКХ

# 5-7

## ОКТАБРЯ

### ВОЛГОГРАД

Организатор  
Волгоград **ЭКСПО**  
Выставочный центр «ВолгоградЭКСПО»  
Тел./факс: (8442) 55-13-15, 55-13-16  
E-mail: stroyka@volgogradexpo.ru  
www.volgogradexpo.ru

Генеральный информационный спонсор  
Стройка ГРУППА ГАЗЕТ

**СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**



**Нестерова Л.Л., Лугинина И.Г., Шахова Л.Д.**

**Микроструктура цементного камня (исследования с применением оптического светового микроскопа)**

М. Изд-во АСВ. 104 с.

Приведены результаты микроскопических исследований структуры гидратных новообразований, образующихся при взаимодействии с различными модифицирующими добавками, а также исследования изменения волокон хризотил-асбеста в процессе его службы в изделиях. В книге приводится кристаллооптический экспресс-метод определения свободного диоксида кремния в цементном сырье.

Издание предназначено для научных и инженерно-технических работников цементных заводов, преподавателей, аспирантов, студентов старших курсов вузов.



**Шахова Л.Д.**

**Технология пенобетона. Теория и практика**

М. Изд-во АСВ. 248 с.

Рассмотрены основные физико-химические и механические процессы поризации цементных растворов и закономерности формирования поризованного цементного композиционного материала – пенобетона. Изложены теоретические основы поведения компонентов, входящих в композицию, на границе раздела фаз, свойства ПАВ и пенообразователей различной природы, поведение их в двух- и трехфазных дисперсных системах. Дана сравнительная оценка как общих, так и специфических свойств отечественных и зарубежных пенообразователей для получения пенобетонов.

Книга предназначена для широкого круга специалистов, занимающихся теоретическими вопросами и промышленным выпуском пенобетонов, разработкой пенообразующих составов для промышленности строительных материалов.

УДК 625.861

Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, канд. техн. наук, Московский автомобильно-дорожный технический университет (МАДИ), руководитель органа по сертификации в системе «Мосстройсертификация»;

И.Б. ЧЕЛПАНОВ, д-р техн. наук, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет;

С.И. ВОЗНЫЙ, генеральный директор ЗАО «Технопласт» (t\_plast@mail.ru), Саратовский государственный технический университет; Б.А. МЫРЗАХМЕТОВ, канд. техн. наук, Казахский национальный технический университет (Алматы, Республика Казахстан)

## **Методика измерений характеристик дорожно-строительных материалов, аттестация, градуировка, поверка**

Средства измерений (СИ), в первую очередь измерительные приборы, могут иметь в проблематике испытаний различное значение. Совокупность средств измерений обычно является важнейшей составной частью комплекса испытательного оборудования, она обеспечивает измерение параметров воздействий, создаваемых стендами, и измерение параметров состояния объектов испытаний. Измерение воздействий необходимо, если испытательные стенды имеют недостаточную точность и стабильность, если воздействия значительно изменяются на пути от их источника к испытываемому объекту, если нужно во время испытаний контролировать состояние объекта. Средства измерений могут также быть использованы как датчики обратных связей в цепях автоматического управления стендами.

Такие задачи характерны для средств измерений и испытаний дорожно-строительных материалов, таких как автоматизированные прессы, дуктилометры, пенетрометры, растяжные стенды и другое оборудование. В их состав входят первичные и вторичные измерительные преобразователи, микропроцессорные устройства, специализированное программное обеспечение. Они обладают возможностью самотестирования и самообучения.

Однако средства измерений в других условиях являются сами по себе объектами испытаний. Именно такие задачи рассматриваются ниже. При этом необходимо различать два типа ситуаций.

1. При испытаниях определяются свойства сохраняемости, т. е. отсутствия повреждений или любых необратимых изменений, происходящих в процессе испытаний, и выявляемые только после окончания испытаний. В этих ситуациях СИ по отношению к испытаниям ничем не отличаются от всех других технических средств за исключением необходимости контроля после испытаний.

2. Целью испытаний СИ является определение или контроль точностных, в первую очередь нормируемых (установленных нормативными документами) метрологических характеристик, указывающих на точность этих СИ в самом процессе испытаний. Испытания могут производиться при задании только тех величин, для измерения которых СИ предназначено. Но дополнительно могут задаваться также и другие, «мешающие» воздействия, которые принято называть влияющими факторами. Например, это температура повышенная или пониженная по сравнению с нормальной.

В отношении СИ ведущими являются испытания на воздействия, основные по назначению, например при поверке вольтметра — это напряжение и т. п. в так называемых нормальных условиях, в первую очередь при

температуре, влажности и давлении в узких установленных пределах. Процедуры таких испытаний, подробно расписанные и регламентированные в большом числе метрологических стандартов и других нормативных документов, специфичны именно для метрологии. В метрологии взамен единого понятия испытаний и общетехнических видов (аттестация, сертификация) вводится целая группа специфических понятий и процедур, таких как калибрование, градуирование и поверка. Во всех случаях подразумевается проведение экспериментальных исследований, испытаний, однако первостепенными считаются признаки определенного статуса или уровня, масштаба, области применения, а также вида документального подтверждения.

При аттестации объектами являются единично изготовленные средства измерений или ввозимые в единичных экземплярах из-за границы; испытания при этом относятся к виду определительных. Калибрование предусматривает определительные испытания на уровнях ниже государственного; в последнее десятилетие роль калибрования значительно возросла. Сертификационные испытания, осуществляемые в рамках определенных систем сертификации специально зарегистрированными испытательными лабораториями, могут применяться как к единичным, так и к серийно изготавливаемым средствам измерений, они являются контрольными, поскольку в результате констатируется и документируется сертификатом соответствие определенным требованиям (пунктам) технических условий.

В отношении СИ особое место занимает поверка. Поверка СИ определяется как установление органом государственной метрологической службы или другим официально уполномоченным органом пригодности средств измерений на основании экспериментально определяемых, т. е. определяемых по результатам испытаний, метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям. В СССР, а теперь в РФ по традиции права на поверку СИ определенных классов организации должны быть доказаны и документально зарегистрированы. Инициативные испытания типа поверки, конечно, допускаются, но они не могут иметь официальный статус поверки. Все СИ должны проходить поверки после выпуска, затем через определенные документально установленные интервалы времени (межповерочные интервалы), например раз в два года, а кроме того, после ремонта.

Аттестация, градуировка и поверка СИ широко использовались в приборостроении с начала XX в., когда большинство приборов было лабораторным. Начиная с





Определение погрешности: а – процедура поверки по образцовой мере; б – поверка по образцовому прибору

60-гг. прошлого века в СССР в области прикладной метрологии началась жесточайшая регламентация, число только государственных стандартов в специально организованной системе ГСИ (Государственной системе обеспечения единства измерений) исчислялось многими десятками. Основные понятия в этой области, определенную терминосистему на сегодня представляет действующий документ РМГ 29–99 *Метрология. Термины и определения*, который имеет статус национального стандарта. Он пришел на смену широкоизвестному ГОСТ 16263–70 того же названия. Важно, что некоторые широко употребляемые на практике термины запрещены в метрологии, и наоборот, некоторые обязательные метрологические термины не употребляются никем, кроме профессионалов-метрологов. Например, термин «испытания» в метрологии применяется в очень узком смысле, только в отношении обязательных испытаний, проводимых с целью утверждения типа средств измерений на государственном уровне, и сертификационных испытаний.

Кратко рассмотрим проблематику определения метрологических характеристик, а именно свойств погрешностей независимо от того, осуществляется аттестация, сертификация либо поверка СИ; по-прежнему будем говорить обобщенно об испытаниях. Погрешность определяется как разность между выходным сигналом СИ и действительным значением измеряемой величины. При испытаниях есть две возможности.

1. Действительное значение заключено в устройстве, которое в метрологии называется мерой; это, например мера массы, мера длины, но это может быть стенд или иная установка, воспроизводящие с высокой точностью физическую величину, например угловую скорость или линейное ускорение (одно или несколько значений). Мера должна быть по крайней мере в несколько раз более точной, чем точность испытываемого СИ, при этом отличие выходного сигнала СИ от номинала меры приписывается именно испытываемому СИ. Процедура поверки по образцовой мере сводится к сравнению выходного сигнала СИ с номиналом меры (рис. а). Если мерой является стенд, то к его точности предъявляются высокие требования по точности и стабильности; чтобы это было строго доказано, стенд должен пройти метрологическую аттестацию.

2. Стенд воспроизводит измеряемую величину (напряжение, ускорение и т. д.) с недостаточной точностью, или же документированных доказательств высокой точности не имеется. Тогда параллельно с испытываемым СИ та же воспроизводимая величина измеряется установленным на том же стенде более точным, образцовым или, как еще говорят, эталонным прибором, а разность приписывается испытываемому СИ как его погрешность (рис. б). Такой способ называется поверкой по образцовому прибору, его идея близка к сравнительным испытаниям. В этих случаях вместо высоких требований к точности стендов формулируются высокие требования к эталонным или образцовым приборам. От стенда требуется, чтобы он задавал измеряемую величину в определенном диапазоне.

По результатам поверки, по тому, укладывается ли погрешность в установленное поле допуска, обычно принимается решение: годен или негоден, как обычно при контрольных испытаниях.

Однако в ответственных случаях при аттестации и поверке приходится детально разбираться в структуре погрешностей. Погрешности СИ обычно делят на статические (постоянные при постоянной измеряемой величине) и динамические, изменяющиеся во времени, в первую очередь вследствие изменений измеряемой величины. При статических измерениях погрешность разделяется на систематическую (повторяющуюся при повторных измерениях) и случайную составляющие. Случайная составляющая обычно задается дисперсией. Систематическая составляющая и дисперсия случайной составляющей могут изменяться от экземпляра к экземпляру и по диапазону; при испытаниях могут ставиться задачи изучения и нормирования этих зависимостей. Решения «годен» или «негоден» при поверке принимаются по результатам сравнения с допусками систематической и дисперсии случайной составляющей.

В СССР была создана и несколько десятилетий эффективно действовала метрологическая служба, осуществившая метрологический надзор, основной функцией которого было проведение поверок всех средств измерений, используемых в различных организациях. Прибор, не прошедший поверку в установленный срок, при отсутствии документального свидетельства о проведенной поверке однозначно, категорически признавали не годным к использованию, а если этот прибор все-таки использовали, результаты могли быть опротестованы. Неповеренные приборы можно было использовать, но только тогда, когда к достоверности результатов не предъявлялись жесткие требования, например для собственных исследовательских испытаний или учебных целей.

Поверки средств измерений классифицируются по видам. Первичная поверка выполняется при выпуске средства измерения после его производства, после ремонта или при поступлении из-за границы. Периодическая поверка выполняется через определенные межповерочные интервалы, которые устанавливаются нормативными документами. При необходимости предусматриваются внеочередные и инспекционные поверки. Были установлены еще другие виды поверок.

В метрологии была создана иерархическая система, в каждой области измерений существовали так называемые поверочные схемы, которые предусматривали определенную дисциплину. Поверочная схема в соответствии с ГОСТ 16263–70 определяется как нормативный документ, устанавливающий соподчинение средств измерений, участвующих в передаче размера единицы физической величины от эталона к рабочим средствам измерений. Однако практически понятие поверочной схемы распространяется и на материальные объекты, рабочие средства измерений, эталоны и поверочные установки. В настоящее время поверочные схемы могут быть государствен-

ные (их мало) или так называемые локальные, автономные, в масштабах отрасли, региона или даже конкретного предприятия. Поверочные схемы были придуманы для многих видов измерений, к концу 80-х гг. прошлого века часть их была полностью реализована.

В конце 80-х гг. в области измерения геометрических величин существовали и функционировали важные для машиностроения государственные поверочные схемы для средств измерения плоских углов, длин, отклонений от прямолинейности, плоскостности, круглости, шероховатости, толщины покрытий и т. д. В области механических измерений функционировали государственные поверочные схемы для средств измерения твердости в различных шкалах, сил, крутящих моментов, ускорений, в том числе вибрационных, линейных деформаций. Из перечисления видно, что государственными поверочными схемами были охвачены немногие виды измерений, выполняемых в машиностроении и приборостроении, причем выбор видов из общего числа возможных кажется несистематичным. Это объясняется тем, что в действительности это определялось наличием в системе Госстандарта коллективов, способных прорабатывать определенные темы.

Во главе каждой государственной поверочной схемы стоит единственный, национальный или первичный эталон как самый точный из аттестованных, по нему поверяют рассредоточенные по регионам средства измерений первого уровня (они ранее назывались образцовыми первого разряда, но теперь их тоже называют эталонами), далее, ниже, следуют образцовые средства второго разряда, которые могут быть уже во многих крупных организациях и т. д. Отметим, что слово «эталон» французского происхождения, на английский язык это переводят как *standard*, еще усиливая таким образом значимость этого термина.

В самом низу поверочной схемы располагаются так называемые рабочие средства измерений, которые только и используются в практических измерениях. Переход вниз по уровням поверочных схем, который в метрологии принято называть передачей размера единицы физической величины (метра, килограмма, вольты и т. п.), всегда связан с потерями точности при каждом переходе сверху вниз; эти потери, выражаемые в повышении уровней погрешностей, например в 1,5 или 2 раза, при каждом переходе регламентируют. На самой верхней ступени нужно тщательно аттестовывать эталоны сами по себе (более высоких ступеней нет).

Многие эталоны вместе с государственными поверочными схемами утверждены государственными стандартами. Мнение, что первичные национальные эталоны очень точные, самые точные в мире или в стране, не всегда справедливо. Например, в области ударов и вибраций достаточно давно были утверждены государственные специальные эталоны и поверочные схемы для средств измерения ускорений при ударном движении, для средств измерения виброперемещений, виброскоростей и виброускорений. Погрешности эталонных установок в этих областях имели порядок одного или нескольких процентов, в то время как ряд фирм выпускал измерительные приборы с гораздо более высокими точностными показателями. Однако эталоны отличаются тем, что их заявленные показатели в максимальной степени гарантируются строго обоснованными процедурами аттестации и, когда это возможно, сличением с зарубежными национальными эталонами.

Операции поверки требуют оплаты услуг владельцем средств измерений; это явилось основной причиной того, что с началом реформ в 90-х гг. прошлого века нормальное функционирование государственной метрологической службы в части проведения поверок практически прекратилось. Положение еще осложнилось тем, что система обеспечения единства измерений, единая в

масштабах СССР, развалилась, так как некоторые эталоны оказались за рубежом России, а межгосударственное сотрудничество не вышло на требуемый уровень. Во многих организациях метрологические службы сократились или исчезли вообще. Однако в тех организациях, где гарантирование точности результатов измерений действительно важно (в первую очередь это относится к измерениям в области безопасности жизнедеятельности), метрологические службы выполняют функции поверки. Наряду с этим возросла роль локальных поверочных схем.

Стандартами и традицией допускаются такие виды поверки: комплектная (СИ целиком) и поэлементная (по частям). При поэлементной поверке испытывают определенные части СИ, например датчик, промежуточный преобразователь, АЦП, вычислитель. Комплектная поверка сама по себе хороша тем, что в результате ее проведения получают сведения об объекте в целом, что в конечном счете и нужно для потребителя. Но она не всегда возможна.

Кроме того, нередко имеет место глубокое естественное разделение, например когда средство измерения представляет собой измерительно-вычислительный комплекс, включающий переменную по составу совокупность большого числа датчиков, сигналы которых через преобразователи по независимым каналам или по общим шинам поступают на входы компьютера. Очевидно, что испытания, с одной стороны, датчиков и, с другой стороны, компьютера целесообразно проводить отдельно. При поэлементной поверке нужно объединять в единый показатель экспериментально определяемые показатели точности отдельных составных частей.

**Ключевые слова:** *испытания, дорожно-строительные материалы, поверка средств измерений, эталон измерения.*



А.В. Ушеров-Маршак  
**БЕТОНОВЕДЕНИЕ**  
ЛЕКСИКОН

А.В. Ушеров-Маршак  
**БЕТОНОВЕДЕНИЕ**  
ЛЕКСИКОН

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2009. 112 с.

Издание подготовлено в виде толкового словаря, ориентированного на формирование понятийно-терминологического аппарата бетоноведения — одной из динамично развивающихся, сложных и специфических областей материаловедения. Учтены тенденции международной интеграции науки о бетоне и его технологии.

«Бетоноведение: лексикон» содержит более 650 терминов и понятий, 150 аббревиатур международно признанных словосочетаний, наиболее часто употребляемых в профессиональной научно-технической литературе и нормативных документах. Особенность издания состоит в насыщенности информацией физико- и коллоидно-химического характера в связи с возрастающей ролью этих знаний при обосновании составов, структур, свойств, технологических процессов получения и службы бетона.

Издание рассчитано на широкий круг представителей науки, образования, в том числе учащихся вузов и колледжей, практики строительной сферы.

**Цена 1 экз. без почтовых услуг 250 р., НДС не облагается**

Книгу можно заказать с сайта издательства  
**www.rifsm.ru**

**Тел./факс: (495) 976-20-36, 976-22-08**  
**e-mail: mail@rifsm.ru**