

### Содержание

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

АШМАРИН Г. Д., ШЕЙНМАН Е. Ш. Высоко механизированный завод малой мощности по выпуску керамического кирпича полусухого прессования	2
ГРИЦАНС В. М. Определение производительности технологических линий и транспортных потоков на заводах керамических стеновых материалов	4
ЭЙДУКЯВИЧЮС К. К., АБРАМОВ Г. П., ГОРДОН Я. М., ИШУТИНОВ А. Д., САВОЧКИН Н. Г., ПАЩЕНКО А. Н. Управляющие воздействия на ход ваграночного процесса в производстве минеральной ваты	6
СТАРОМИНСКАЯ П. А., ГЕРШМАН С. Л., ЧЕРКАССКИЙ И. М., МИРОНЕНКО Н. Г., ДАНИЛЕВИЧ А. В., ДУТЧАК Л. Г. Реконструкция шахтных печей на природном газе	8

#### РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

ВЫСОЦКИЙ С. А., БРУССЕР М. И., СМЕРНОВ В. П., ЦАРИК А. М. Оценка эффективности и классификации минеральных добавок к цементам и бетонам	9
ПЕТРОВ Н. А. Критерии определения оптимальных параметров разработки песчано-гравийных месторождений земснарядами	12
КАРАСЕВ Ю. Г., КОНКИН В. В. Выбор направления развития горных работ на карьерах природного камня	13
КАГАНОВИЧ М. И., МИШЕЛЬ З. Г., ШЕХТМАН Л. Е. Ускорение твердения асбестоцемента с помощью дистиллерной жидкости	15

#### НОВЫЕ И УЛУЧШЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

МАРТЫНЮК В. И., ЛЕОНОВИЧ А. А. Огнезащищенные древесно-стружечные плиты	17
ЛАРКИНА В. И. Новое поколение водно-дисперсионных клеящих мастик для текстильного назначения	18
ТАРАСОВА Г. И., ИЛЬЧЕВ И. Е., ПАУС С. К. Сухая побелка и безолифная шпаклевка	20

#### ПРИБОРЫ И АВТОМАТИКА

ЩЕРБАКОВ П. Н. Электронно-вычислительная система контроля загрузки автомосвала	21
--	----

#### РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ГОРЛОВ Ю. П., РАВСКАЯ Г. С., ВАГАПОВА Р. В., УСТЕНКО А. А. К вопросу прогнозирования срока службы кристаллизующихся минеральных волокон	23
ЧЕРНЫХ В. Ф., ОГУРЦОВА О. С., НЕХОРОШЕВ А. В. Реологические свойства цементно-песчаных смесей при повторном перемешивании	24
БИРМАНТАС И. Ю., ВАЙЦЕКАУСКЕНЕ Г. Ю., КАМИНСКАС А. Ю., СТУЛЬПИС С. А. О стойкости некоторых силикатов к воздействию угольной кислоты	26
МИХАЙЛОВИЧ Н. Г., ГЛОТОВА Н. А., ГОРШКОВ В. С. Методика определения полноты гелеобразования пластифицированного поливинилхлорида	28
НИКОНОВА Н. С., МИТЮШИН В. В., ТИХОМИРОВА И. Н. Кинетика фазообразования и твердения известково-кварцевого вяжущего с добавкой алюмината натрия	29



УДК 608.71/65.011.04

Г. Д. АЦМАРИН, канд. техн. наук, Е. Ш. ШЕЙНМАН, канд. техн. наук  
(ВНИО стеновых и вяжущих материалов)

## Высокомеханизированный завод малой мощности по выпуску керамического кирпича полусухого прессования

Проблема создания механизированного производства кирпича малой мощности является в настоящее время весьма актуальной в связи с резким увеличением сельского жилищного строительства, которое должно базироваться на местных строительных материалах.

С целью расширения сырьевой базы и учитывая отсутствие промышленных отходов в сельскохозяйственных районах страны, железнодорожного транспорта, а также необходимость упрощения технологического процесса и удешевления получаемой продукции, ВНИИстромом им. П. П. Будякова разработана новая технология производства керамического кирпича методом полусухого прессования, основанная на полусухом способе производства (рис. 1).

Метод полусухого прессования делает производство независимым от погодноклиматических условий и позволяет укладывать кирпич-сырец непосредственно на печные вагонетки, что исключает переделыв по загрузке и выгрузке сушильных вагонеток и не требует парка сушильных вагонеток, рамок, приобретение и эксплуатация которых требуют больших финансовых и эксплуатационных затрат.

Особенностью разработанной технологии является обеспечение одинаковой пофракционной влажности пресс-порошка путем обработки подсушенных сырьевых материалов в стержневом смесителе, прессования изделий со сквозными пустотами на прессе СМ-1085А при удельном давлении прессования 20—30 МПа с применением пресс-форм конструкции ВНИИстрома. Досушка изделий, уложенных штабелем на печные вагонетки, осуществляется в прямооточно-противоточной туннельной сушилке с рециркуляцией отработанного теплоносителя конструкции ВНИИстрома.

Обжиг изделий осуществляется в модернизированной туннельной печи с автономно регулируемыми зонами, обеспечивающими ведение процесса обжига по рациональному режиму.

Разработанный ВНИИстромом технологический процесс производства кирпича методом полусухого прессования воплощен в проектно-сметную документацию специалистами Союзгазпроотрома, строительная часть проекта кирпичного завода мощностью 5 млн. шт. усл. кирпича разработана СПКБ НИИ керамики.

Размещение оборудования и технологических потоков обеспечивает раци-

ональное использование производственных площадей, удобные транспортные схемы, механизацию производства.

Разработанный технологический комплекс обеспечивает требования технологического регламента производства, рациональное расходование материальных и топливно-энергетических ресурсов, высокий уровень механизации производственных процессов.

На промышленной площадке завода

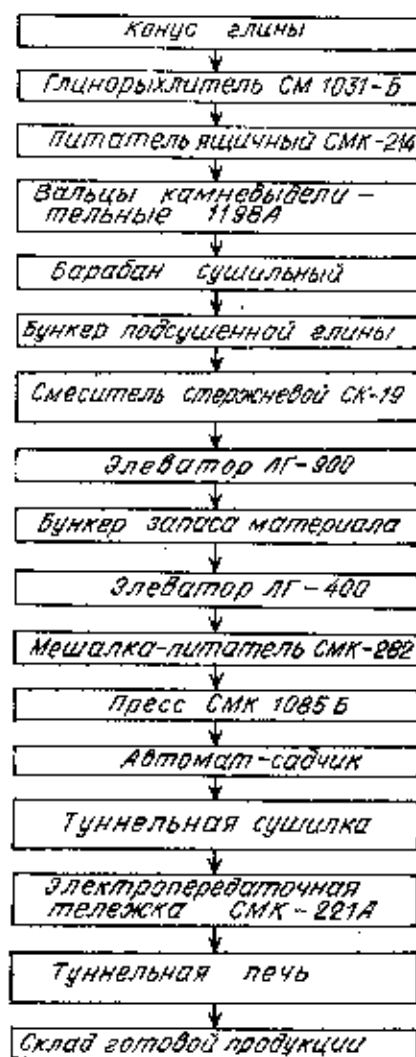


Рис. 1. Технологическая схема производства кирпича полусухого прессования

предусмотрен конус глины с запасом на 6 мес. Для разработки и формирования конуса проектом предусмотрено бульдозер. Сырье в производство подается с помощью автопогрузчика с ковшом. В конусе происходит ее подсушивание в естественных условиях и усреднение.

Для приема и подачи сырья установлен ящичный питатель с глицорыхлителем, а далее ленточный конвейер с шириной ленты 650 мм, который транспортирует глину на камневыведельные вальцы СМ-1198А. На камневыведельных вальцах, в которых вращаются гладкий и ребристый валки с зазором 8—10 мм, происходит переработка сырья и отделение каменных включений. Включения собираются в кобель на колесиках, который затем вывозится в отвал.

Переработанное сырье поступает в сушильный барабан 14×2,2 м с модернизированной топкой, позволяющей эксплуатировать барабан по две смены. Сырье, высушенное в сушильном барабане до 10—12% влажности, поступает на колосниковую решетку для отсева. Фракция более 20 мм возвращается с помощью ленточного конвейера на вторичную переработку в камневыведельные вальцы, а фракция менее 20 мм ленточным конвейером подается в бункер, под которым установлен ленточный питатель, равномерно подающий сырье в стержневой смеситель СМ-19 конструкции ВНИИстрома производительностью 25 т/ч. Зерновой состав сырья, %: фракции 3—1 мм — 40—50, фракции менее 1 мм — 60—80.

Далее сырье при помощи конвейеров и элеватора подается к бункерам запаса, которые оборудованы указателями верхнего и нижнего уровней и виброобдирочными устройствами. Под бункерами установлены ленточные питатели, дозирующие пресс-порошок в мешалку пресса СМ-282 обеспечивающую устранение расслоения материала по фракциям. Прессование кирпича производится на прессе СМ-1085А.

Отбор сырья от пресса и укладка в пакеты на печную вагонетку производится с помощью автомата-садчика конструкции Камышловского завода керамических стеновых материалов (Свердловская обл.). Габариты печной вагонетки, мм: ширина — 2140, длина — 1985, высота футеровки от головки рельс — 705 колес — 900.

Садка сырья на печную вагонетку осуществляется на «пастель» в 18 рядов по высоте в единый пакет емкостью 850 шт. Грузовая кирпичная вагонетка подается на исходную позицию перед сушилкой или в состав запаса на 3-ю смену на участке между садчиком и сушилкой.

Проталкивание состава в сушилке осуществляется в такой последовательности: открываются входная и выходная двери сушилки и гидротолкатель СМК-101А проталкивает весь состав на одну позицию. Вагонетка из сушилки подается на электропередаточную тележку, закрываются входная и выход-

Рис. 2. Отопительно-вентиляционная система туннельной сушилки и кривая влагоотдачи

ная дверь сушилки и вагонетка поступает в зону действия гидротолкателя печи. При наличии вагонетки в зоне действия гидротолкателя сушилки оператор открывает входную дверь и гидротолкатель за два дополнительных хода подает вагонетку на первую позицию.

Сушка сырья производится в туннельной сушилке с рециркуляцией обработанного теплоносителя конструкции ВНИИСтрома. В качестве агента сушки служит смесь горячего воздуха, отбираемого из зоны охлаждения туннельной печи, рециркулята и атмосферного воздуха.

По принципу движения теплоносителя сушилка прямоточно-противоточная с двумя автономно регулируемыми зонами. Кроме того, в каждой зоне сушилки установлено по одной рециркуляционной системе, осуществляющей поперечное движение теплоносителя, причем первая рециркуляционная система подает теплоноситель справа налево, а вторая — слева направо. Таким образом, направление движения теплоносителя в процессе сушки изменяется во взаимно перпендикулярных плоскостях относительно поверхности высушиваемых изделий. В каждую из рециркуляционных систем предусмотрена также дополнительная подача свежего теплоносителя, что расширяет пределы регулирования параметров сушки. Подачу агента сушки осуществляют в межвагонетное пространство между поз. 10—11.

Первая рециркуляционная система осуществляет отбор теплоносителя с рабочего канала сушилки на 7-ю и 8-ю поз. слева по ходу движения вагонеток, а подача его в сушилку осуществляется на этих же позициях справа и сверху на 5-ю поз. через узкие щели в своде.

Вторая рециркуляционная система отбирает теплоноситель из рабочего канала сушилки справа через щели в стенах на 12—13-ю поз., подача его в сушилку осуществляется на тех же позициях слева. «Подпитку» рециркулята осуществляют горячим воздухом, отбираемым из зоны охлаждения туннельной печи. Отопительно-вентиляционная система сушилки и кривая влагоотдачи приведены на рис. 2.

**Параметры работы сушилки**

Продолжительность сушки, ч	20
Относительная влажность изделий, %:	
до сушки	11
после сушки	4
Параметры теплоносителя:	
свежего — объем, м <sup>3</sup> /ч	7900
температура, °С	100
в смеси с рециркулятом:	
объем, м <sup>3</sup> /ч	19 100
температура, °С	65

Обжиг кирпича производится в модернизированной туннельной печи с автономно регулируемыми зонами системы ВНИИСтрома (рис. 3).

Проталкивание состава вагонеток в печи осуществляется при условии отбора последней вагонетки из печи и закрытия выходной двери. Затем, при

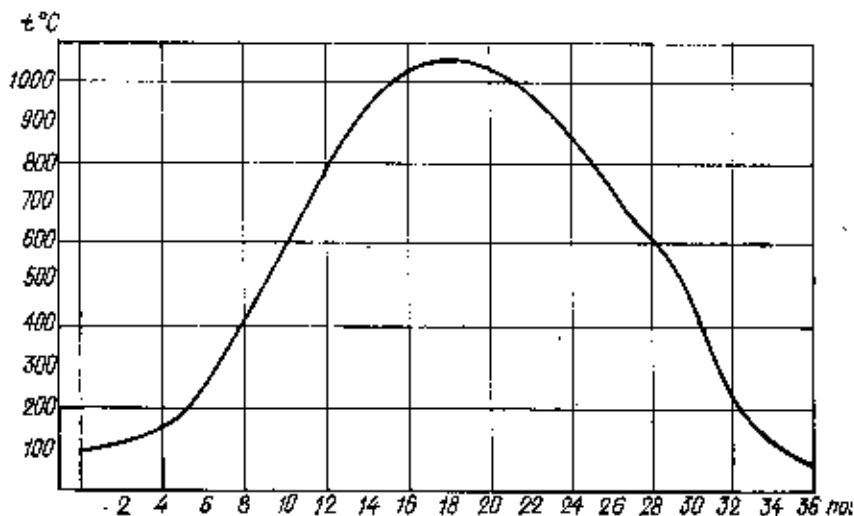
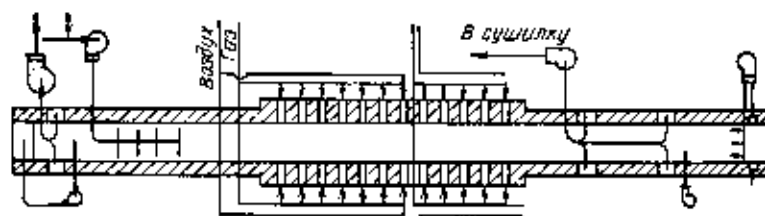
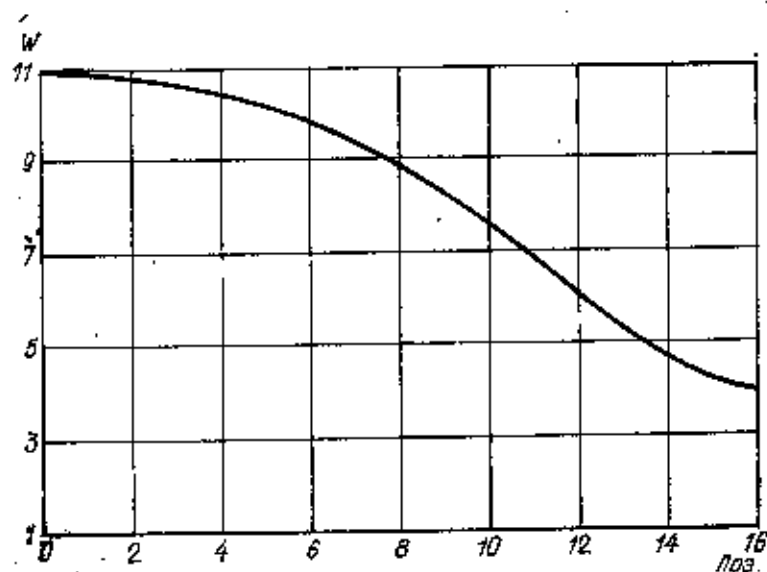
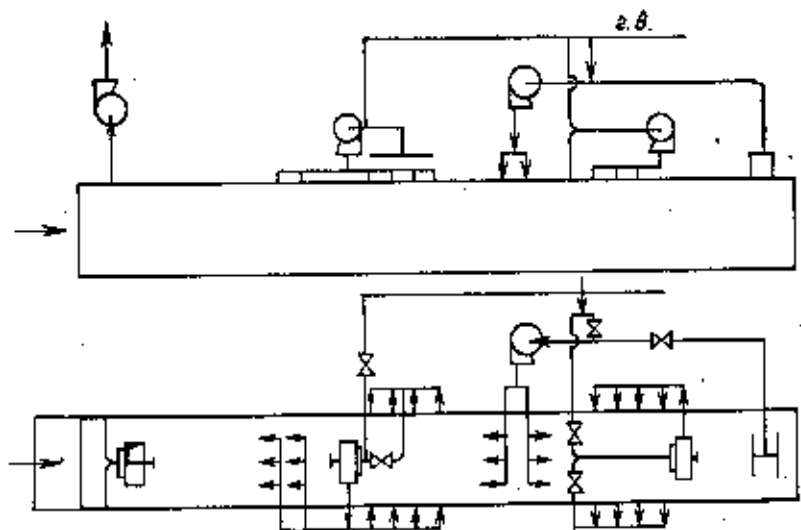


Рис. 3. Отопительно-вентиляционная система печи и температурный режим обжига

поднятой внутренней двери печи, происходит проталкивание состава и высвобождение форкамеры печи, после чего внутренняя дверь закрывается и очередная вагонетка поступает в форкамеру.

Для уменьшения подсосов холодного воздуха в обжигательный канал печи и обеспечения постоянного нагрева изделий в начале печи предусматривается форкамера (одна позиция) с двумя дверками. В форкамеру осуществляется подача теплого воздуха, отбираемого из подвагонеточного канала печи.

С целью гибкого регулирования температурным и газовым режимами обжига, обеспечивающими эффективное использование теплоты топлива, содержащегося в изделиях, а также устранения основного недостатка конструкции туннельных печей — неоднородности температурного поля по сечению обжигательного канала печи — в зоне подготовки печи предусмотрены рециркуляционная система и дополнительный источник теплоты.

Рециркуляция осуществляется путем подачи отработанных дымовых газов в печь через узкие щели шириной 30—40 мм в своде печи. Щели расположены в местах над разрывами между пакетами садки по всей ширине печи между поз 4—5, 5—6, 6—7 и 7—8. Скорость рециркулята, поступающего в печь, должна составлять 12—15 м/с. Это обеспечивает создание воздушных завес, препятствующих прохождению горячих газов по подвагонеточному пространству печи. В трубопроводе перед рециркуляционным вентилятором предусматривается установка патрубка с шиббером для подсоса холодного воздуха, что обеспечивает тонкое регулирование температур рециркулята.

Зона обжига оборудована 24 горелками с широким диапазоном регулирования соотношения газ—воздух, которые разделены на две группы, каждая из которых автономно регулируется.

Зона охлаждения в предлагаемой конструкции разработана таким образом, чтобы обеспечить охлаждение изделий по рациональному температурному режиму, т. е. медленное охлаждение на 50—100°C от максимальной температуры обжига, затем ускоренное охлаждение до начала модификационных изменений кварца, замедленное охлаждение в период его модификации, затем интенсивное охлаждение до температуры выгружаемых изделий из печи. С этой целью в зоне охлаждения устанавливается приточно-вытяжная вентиляция.

Замедленное охлаждение на участке модификационных превращений кварца обеспечивается путем распределенного регулируемого отбора горячего воздуха на этом участке.

Для интенсивного охлаждения изделий на безопасном температурном участке (от 500 до 50°C) на последнюю позицию зоны охлаждения подается атмосферный воздух через отверстия, расположенные в стенах печи, и через щель, расположенную в своде печи.

В конструкции печи применен уравновешенный аэродинамический режим между обжигательным и подвагонеточным каналом путем создания в послед-

нем приточно-вытяжной вентиляции. Для этого осуществляют подачу воздуха в подвагонеточный канал в районе 32-й поз. и отбор воздуха из него на 3-й поз.

В печном отделении предусмотрены участки ремонта футеровки вагонеток и ремонта их ходовой части. Для загрузки печных вагонеток предусмотрены три поста разгрузки по 1 вагонетке. Для разгрузки установлены рампы с отметкой, одинаковой с отметкой пода печных вагонеток. Разгрузка производится вручную на поддоны. Поддоны с кирпичом автопогрузчиком с вилами перевозятся на склад готовой продукции. Погрузка на автотранспорт производится также с помощью вилчатого автопогрузчика.

#### Параметры работы туннельной печи

Продолжительность обжига, ч	48
Максимальная температура обжига, °C	1060
Вид топлива	природный газ
Состав шихты, %:	
глина	95
бурый уголь	5
Общий удельный расход условного топлива в печи (с учетом теплоты горячего воздуха, отбираемого на сушку), кг на 1 тыс. шт.	235,5.1000
Габариты рабочего канала печи, м:	
длина	74,4
ширина	2
Количество позиций с форкамерой	36
Параметры отработанных дымовых газов печи:	
объем, м³/ч	8300
температура, °C	100
Параметры рециркулята:	
объем, м³/ч	8280
температура, °C	100

УДК 666.12.72.65.1114.051.1

В. М. ГРИЦАНС, инж. (Проектное отделение ВПНИИтеплоизоляции, г. Рига)

## Определение производительности технологических линий и транспортных потоков на заводах керамических стеновых материалов

Анализ работы некоторых заводов по производству стеновых керамических материалов показывает, что в ряде случаев они не достигают проектной мощности. В значительной степени это связано с тем, что применяемая при проектировании методика расчета производительности поточных и технологических линий далеко не совершенна.

В современном производстве единицы оборудования объединены в поточные линии (формование, массоподготовка, и др.) связями (конвейерами и др.). Эксплуатационная производительность линии определяется по оборудованию с самой низкой производительностью. Поточные линии и отдельные виды оборудо-

вания объединены в технологическую линию, имеющую самостоятельную производственную программу по выпуску продукции.

Параметры горячего воздуха, отбираемого из печи в сушку:	
объем, м³/ч	7090
температура, °C	130
Параметры холодного воздуха, подаваемого в зону охлаждения печи:	
объем, м³/ч	4400
температура, °C	18
Горелка боковая	ГНП-2

В проекте применено серийное технологическое оборудование для переработки, подсушки и транспортировки сырья, прессования кирпича-сырца, передвижения печных вагонеток. Незадействованное оборудование, примененное в проекте: стержневой смеситель, автомат-садчик на печные вагонетки, туннельные сушилки и печь.

Численность работающих производственного назначения — 40 чел., в том числе: начальник и мастер смены — 4, рабочие по обслуживанию технологического оборудования и тепловых агрегатов — 26, рабочие по ремонту футеровки вагонеток, дежурные электрики, слесари, водитель погрузчика — 10.

Стоимость технологической части главного производственного корпуса составляет 904,2 тыс. р., в том числе: приобретение и монтаж технологического оборудования и сушильного барабана 302,08; приобретение и монтаж приборов КИПА 19,47; туннельная печь (общестроительные работы) 87,708; туннельная сушилка (общестроительные работы) 19,47.

В настоящее время заканчивается строительство завода по указанному проекту в г. Махарадзе Грузинской ССР.

Связями между поточными линиями здесь служат шихтозапасники, буферные емкости, возвратные и резервные пути для сушильных и печных вагонеток и др. Эксплуатационная производительность технологической линии определяется производительностью отдельного оборудования или эксплуатационной производительностью ведущих поточных линий, например автоматической поточной линией формовки.

Целесообразно положить в основу

расчетов отдельных видов оборудования и поточных линий три взаимосвязанные вида производительности: конструктивную, техническую и эксплуатационную. Другие определения, как, например, паспортная, реальная, средняя, цикловая, производительность и др. во избежание путаницы применять не следует.

Конструктивная производительность  $P_k$  определена заданием на проектирование оборудования с расчетно-теоретическим обоснованием.

Техническая производительность  $P_T$  показывает максимальные возможности оборудования в единицу времени в данных условиях при непрерывной работе и определяется хронометражем. Поставляемое машиностроителями оборудование характеризуется только конструктивной производительностью, которая под влиянием многих факторов (срока, физических свойств сырья, степени переработки влажности, качества и количества добавок и т. п.) всегда больше технической производительности.

Эксплуатационная производительность  $P_n$  рассчитывается при проектировании, а также определяется хронометражем.

Между указанными определениями существует соотношение

$$P_k \geq P_T \geq P_n \quad (1)$$

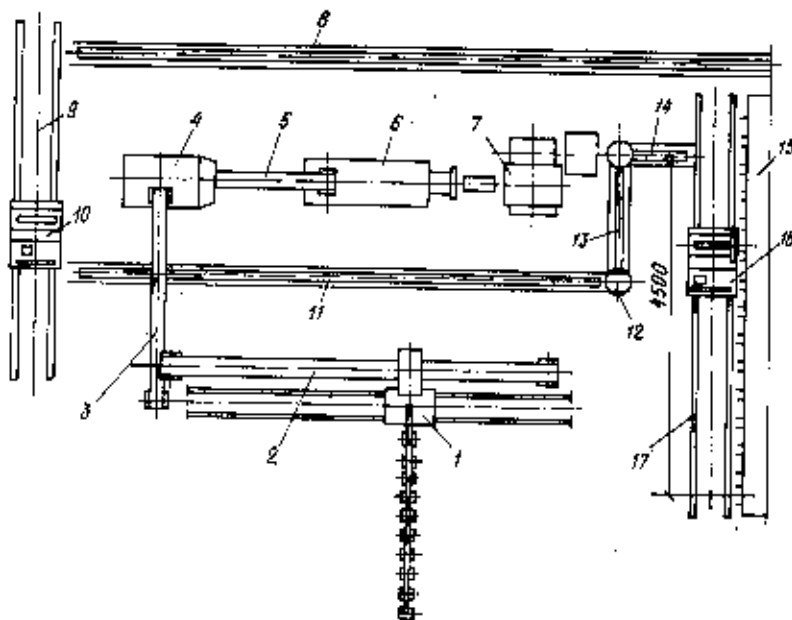
Расчет эксплуатационной производительности производится следующим образом:

$$P_n = K_{т.л} K_{вн} K_{т.п} P_T \quad (2)$$

где  $K_{т.л}$  — коэффициент технического использования оборудования с учетом планово-предупредительного ремонта; при непрерывной работе (365 дней в году) следует принимать равным 0,9, при прерывной работе (305 дней в году) — 0,93 (это значение  $K_{т.л}$  может быть применено только для отдельного оборудования, при расчетах поточных линий его использовать нельзя);  $K_{вн}$  — коэффициент использования внутрисменного времени оборудования, предусматривает неизбежные потери на чистку, смазку, подналадку и мелкий ремонт оборудования, потери времени при передаче смены по уборке рабочего места; при трехсменной работе его следует принимать равным 0,9, при двухсменной работе — 0,97;  $K_{т.п}$  — коэффициент неизбежных технологических потерь, определяется по нормам потерь в производстве (объемные потери сырья, %: при добыче и транспортировке — 1—2; при сушке — 2; при обжиге — 3).

Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации поточных линий показывает, что общий коэффициент использования оборудования их составляет 0,7—0,9 с учетом всех планово-предупредительных ремонтов входящего в состав линии оборудования.

Следует различать две группы оборудования. При проектировании необходимо в первую очередь рассчитывать производительность главных поточных линий, включающих в себя массоперерабатывающее и формоочное оборудование — первая группа. При расчете производительности линии с большим количеством оборудования второй группы, куда входят электропередаточные те-



Технологическая схема производства керамического кирпича: 1 — многоковшовый экскаватор; 2 — ленточный конвейер; 3 — дробильно-конвейер; 4 — глиномешалка с фильтрующей решеткой; 5 — ленточный конвейер; 6 — пресс; 7 — автомат-укладчик; 8 — толкатель возврата сушильных вагонов; 9 — рельсовый путь; 10 — электропередаточная тележка; 11 — толкатель подачи сушильных вагонов; 12 — поворотный круг; 13 — толкатель поперечной подачи сушильных вагонов; 14 — толкатель ввода сушильных вагонов; 15 — сушилка туннельная; 16 — электропередаточная тележка; 17 — рельсовый путь.

лежки, толкатели, конвейеры и следует ориентироваться на технические возможности главных поточных линий.

Ввиду незначительной разницы между значениями  $P_n$  и  $P_T$  для оборудования второй группы при расчете эксплуатационной производительности линии можно пользоваться величиной  $P_k$  и нельзя принимать при определении производительности оборудования первой группы.

Для первой группы оборудования проектные организации вместе с заданием на проектирование карьеру с техническим регламентом и рекомендациями по режимам тепловой обработки должны получать данные о составе оборудования и его технической производительности, определенной хронометражем при испытаниях сырья данного месторождения. Для безошибочного определения эксплуатационной производительности это условие обязательно.

Для иллюстрации проведем расчет эксплуатационной производительности фрагмента технологической линии (см. рисунок) производства кирпича (двухсменная работа, 305 рабочих дней в году).

Автоматическая поточная линия формовки: 1, 4, 5 — оборудование первой группы, 2, 3, 6, 7 — второй. Состав оборудования: многоковшовый экскаватор ( $P_1 = 20 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), глиномешалка с фильтрующей решеткой ( $P_4 = 18 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), пресс ( $P_6 = 15 \text{ м}^3/\text{ч}$ , кл. 6400 шт. кирпича в 1 ч); автомат-укладчик ( $P_7 = 10\,000$  шт. кирпича в 1 ч) ( $23 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), ленточные конвейеры ( $P_k = 16 \text{ м}^3/\text{ч}$ ).

Для определения эксплуатационной производительности автоматической поточной линии коэффициент  $K_{т.л}$  вычисляем по уравнению

$$K_{т.л} = \frac{1}{1 + K} \quad (3)$$

где  $K$  — сумма результатов хронометражных наблюдений потерь производительности и определяется

$$K = (K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_n) K_n \quad (4)$$

где  $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$  — коэффициенты потерь производительности во времени всех видов оборудования поточной линии (на устранение неисправностей, замену инструмента, отсутствие энергоснабжения, настройку и др.);  $K_n$  — коэффициент наложения потерь производительности по времени.

Определим значение  $K_{т.л}$  на конкретном примере работы автоматической формовочной поточной линии с продолжительностью смены 8 ч: простой поточной линии в течение 30 мин по причине аварии заводской системы энергоснабжения — коэффициент потерь производительности по времени  $K_1 = 0,06$ ; замена стержня автомата-резчика заготовок 10 раз по 3 мин —  $K_2 = 0,06$ ; замена гибкого кабеля многоковшового экскаватора 45 мин —  $K_3 = 0,09$ ; замена вентиля в линии подачи пара к глиномешалке 60 мин —  $K_4 = 0,12$ .

Для вычисления коэффициента наложения потерь производительности во времени  $K_n$  следует учесть, что замена гибкого кабеля многоковшового экскаватора ( $K_3 = 0,09$ ) происходила во время замены вентиля в линиях подачи пара в глиномешалку ( $K_4 = 0,12$ ).

Вычисляем коэффициент наложения

$$K_n = \frac{K_3}{K_1 + K_2 + K_4} = 0,375 \quad (5)$$

тогда по (4)  $K = 0,12$ , затем по формуле (3) определяем  $K_{т.л}$ , который в данном случае равен 0,89.

В этом случае эксплуатационная производительность линии будет согласно формуле (2)  $P_n = 0,89 \times 0,97 \times 6400 = 5604$  шт. кирпича в 1 ч, или 26,4 шт. кирпича в год.

Порядок проектирования полуавтоматической поточной линии транспортировки сушильных вагонеток следующий: устанавливаются все необходимые операции потока и состав оборудования, рассчитываются ритм потока, скоростные и смысловые характеристики звеньев.

Все оборудование линии (8, 10, 11, 12, 13, 14, 16) относится ко второй группе, следовательно, эксплуатационная производительность равна  $P_в$ . Кроме того, эксплуатационная производительность должна быть ориентирована на производительность линии формовки (главную поточную линию) и должна составлять не менее 5504 шт. кирпича в 1 ч.

Одной из главных характерных особенностей поточной линии транспортировки является ритмичность.

В данном примере под ритмичностью понимается время загрузки сушильной вагонетки автоматом-укладчиком и определяется

$$P = \frac{60 P}{P_в} = \frac{60 \cdot 240}{5504} = 2,61 \text{ мин.} \quad (6)$$

где  $P$  — количество кирпича на сушильной вагонетке, шт.;  $P_в$  — эксплуатационная производительность формовочной поточной линии, шт. в 1 ч.

Скоростные характеристики отдельных механизмов линии подбираются исходя из того, что суммарное время работы механизма при обработке вагонетки (как порожней, так и груженой) должно соответствовать равенству:

$$t = P K_{т.в} K_{в.д} = 2,61 \cdot 0,89 \cdot 0,97 = 2,25 \text{ мин.} \quad (7)$$

Минимальная необходимая скорость транспортирующих механизмов

$$V = \frac{2l}{60 P K_{т.в} K_{в.д}} \text{ м/с.} \quad (8)$$

Во избежание повышенных скоростей при передаче вагонеток на большие расстояния на возвратных путях следует применять штанговые шаговые устройства с возвратно-поступательным движением, где  $l$  — длина сушильной вагонетки, м. Отрицательным моментом при использовании таких транспортирующих устройств является незначительное увеличение парка сушильных вагонеток.

Коэффициент загрузки электропередаточной тележки, отражающий фактическую ее загрузку в расчетном ритме, определяется по формуле

$$K_з = \frac{P_p}{P_n} \quad (9)$$

где  $P_p$  — расчетное число электропередаточных тележек;  $P_n$  — принятое число электропередаточных тележек.

Коэффициент загрузки оборудования полуавтоматических и автоматических поточных линий всегда меньше единицы, для немеханизированных и механизированных линий допустимы некоторые увеличения  $K_з$  до 1,1—1,15 за счет возможностей интенсификации работы, улучшения организации рабочих мест и др.

Опыт эксплуатации показывает, что более устойчиво и экономически эффективно работают поточные линии, где оборудование подобрано с коэффициен-

том загрузки 0,8—0,9. При более низком значении недогруженное оборудование следует заменить другим с меньшим значением  $P_t$ . Соответствующие мероприятия следует применять и при проектировании поточных линий, когда  $K_з > 1$ . Кроме того, значение коэффициента загрузки следует учитывать при составлении графиков профилактических осмотров и планово-предупредительных ремонтов при эксплуатации.

Таким образом, полуавтоматическая поточная линия транспортировки сушильных вагонеток (см. рисунок) состоит из оборудования со следующими техническими характеристиками: толкатели штанговые 8, 11 с шагом толкания 1500 мм и минимальной скоростью

УДК 666.108:621.743.012

К. К. ЭЙДУКВИЧИУС, канд. техн. наук, Г. П. АБРАМОВ, канд. техн. наук, (ВГНИИ теплоизоляция), Я. М. ГОРДОН, канд. техн. наук, А. Д. ИШУТИНОВ, инж. (Уральский политехнический институт), Н. Г. САВОЧКИН, инж., А. Н. ПАЩЕНКО, инж. (Ростовский завод жестких минераловатных плит)

## Управляющие воздействия на ход ваграночного процесса в производстве минеральной ваты

Анализ результатов расчетных, модельных и натурных [1, 2] исследований позволяет заключить, что для улучшения тепловой обработки шихты, уменьшения расхода кокса и увеличения производительности вагранки есть управляющие воздействия, которые могут быть реализованы без дополнительных капиталовложений. С этой целью были проведены натурные исследования по оптимизации теплового и газодинамического режимов работы вагранки на Ростовском заводе жестких минераловатных плит.

На этом заводе эксплуатируется вагранка диаметром в зоне фурмы 1450 мм. Агрегат оборудован 22 фурмами диаметром 40—50 мм, испарительной системой охлаждения, радиоизотопным уровнемером, автоматизированной системой дозирования и загрузки шихты («труба в трубе»), снабженной ЭВМ фирмы «Пфистер». Система дозирования и загрузки обеспечивает постоянную высоту загрузки шихты, равную 4,6 м. В днище выполнено отверстие для слива металла, который поступает в приемок и удаляется из цеха. Вагранка оснащена автономным воздухоподогревателем, позволяющим нагревать дутьевой воздух до 500°C при его расходе 6000—7000 м<sup>3</sup>/ч.

Воздух в вагранку подается вентилятором высокого давления — до 6 КПа. Второй вентилятор — запасной.

Предусмотрена очистка дымовых газов от пыли и сернистых соединений мокрым способом.

толкания 0,02 м/с, поворотных кругов, 12, толкателя 14 с полным циклом работы не более 2,25 мин, электропередаточной тележки 16 с коэффициентом загрузки  $K_з = 0,37$ , электропередаточной тележки 10 без механизма подъема дверей.

Использование настоящей методики при подборе оборудования и определении эксплуатационной производительности поточных и технологических линий керамических производств дадут возможность сравнивать технико-экономические показатели проектируемых предприятий и действующих производств, выявят целесообразность принимаемых проектных решений, позволят повысить производительность труда на предприятиях.

В качестве топлива используется литейный кокс марки КЛ-1 Горловского коксохимического завода со следующими характеристиками: влажность — 9%; содержание серы — до 1%; зольность — 11,5%.

В качестве сырья используются: габбро-диабаз Круторожского, известняк Жирновского месторождений и доменный шлак Мариупольского комбината «Азовсталь». Химические составы материалов приведены в табл. 1, а зерновой состав — в табл. 2.

Для выяснения факторов, обуславливающих увеличение производительности и стабилизацию процесса плавления, были проведены исследования по определению теплового и газодинамического режимов работы вагранки. В вагранке были установлены два штуцера с внутренним диаметром 22 мм, обеспечивающие введение измерительных зондов внутрь рабочего пространства печи для замера температур в 8 точках по двум взаимно перпендикулярным диаметрам вагранки. Схема расположения штуцеров, измерительных точек и фурмы показана на рис. 1.

Измерительный датчик представляет собой зонд, выполненный на основе хромель-алюмелевой термопары, которую вводили внутрь зонда. В качестве вторичного прибора использовали милливольтметр Ф-226.

В результате эксплуатации вагранки на Ростовском заводе жестких минераловатных плит был отработан режим работы на 20 и 22 фурмах. Две фур-

Сырьевой компонент	Содержание оксидов, % по массе							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	и. п. и.
Габбро-диабаз	53,86	15,91	18,14	6,24	5,9	—	2,74	3,16
Доменный шлак	38,63	11,38	0,43	43,37	5,22	0,28	0,98	—
Известняк	0,68	0,1	0,34	54,72	0,65	—	0,54	42,94

мы в процессе эксплуатации были заварены (на рис. 1 эти фурмы обозначены светлым треугольничком). Результаты измерений температуры газов представлены на рис. 2 и 3. Кривые, изображенные на рис. 2, иллюстрируют распределение температур в неустойчившемся режиме по диаметру печи.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что в вагранке тепловые процессы в нестационарном режиме происходят неравномерно. Эта неравномерность характеризуется явно периферийным ходом агрегата. Так, например, для кривых 1, показывающих распределение температур в вагранке через 1 ч после пуска, отношение значений температуры в 8-й измерительной точке и в центре равно 3,23 и 7 для 1 и 2 штуцеров соответственно. Колебания отношений температур в 1-й измерительной точке и в центре вагранки несколько меньше и составляют 2 и 3,48.

По мере увеличения времени непрерывной работы печи неравномерность температурного поля по сечению вагранки уменьшается. Так, например, для кривой 2 (см. рис. 2, а), которая иллюстрирует распределение температур по диаметру, проходившему через штуцер 1, через 2 ч после пуска вагранки отношение максимальной и минимальной температур составляет уже значение, равное 2,7, причем, максимум температур сместился к 1-й измерительной точке. Для штуцера 2 характер температурного поля изменился незначительно, при этом отношение максимального и минимального значений температур равно 4,5. Однако неравномерность распределения температур, измеренных через штуцер 1, уменьшилась лишь в 1,2 раза, в то время как для штуцера 2 — в 1,55 раза.

После истечения времени переходного процесса (около 4 ч или времени проплавки 1,5—2 объемов материала) устанавливается стационарное температурное поле, которое иллюстрирует сплошные линии рис. 3. Анализ полученных результатов позволяет заключить, что при устойчивой работе вагранки также наблюдается существенная неравномерность температурного поля по ее сечению, причем, как и для нестационарного режима, неравномерность распределения температур, измеренных через штуцер 1, существенно меньше, чем измеренных через штуцер 2 (отношение максимальной и минимальной температур равно 2,66 и 3,55 соответственно). Однако, если для диаметра печи у штуцера 1 наблюдается явно периферийный ход печи, то для 2-го штуцера максимум температур наблюдается в 8-й измерительной точке, причем падение температур к 1-й точке происходит монотонно.

При стационарной работе вагранки производительность печи по расплаву составила 2,8 т/ч.

Одним из существенных факторов, с помощью которых можно управлять газораспределением, является кинетическая энергия дутья. Поскольку центр вагранки плохо продувается, то, очевидно, требуется увеличение энергии дутья. При этом общий расход дутья на печь остается неизменным, поскольку, по-прежнему, производительность вагранки лимитируется мощностью техно-

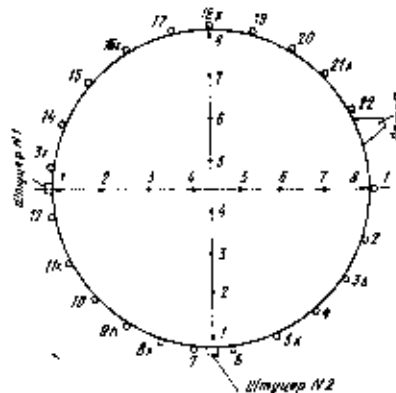


Рис. 1. Схема расположения измерительных точек, фурм, штуцеров и фурменных заглушек на вагранке. Цифры на диаметрах — измерительные точки; шифры на окружности — номера фурм;  
△ — фурма заварена; X — фурма перекрыта

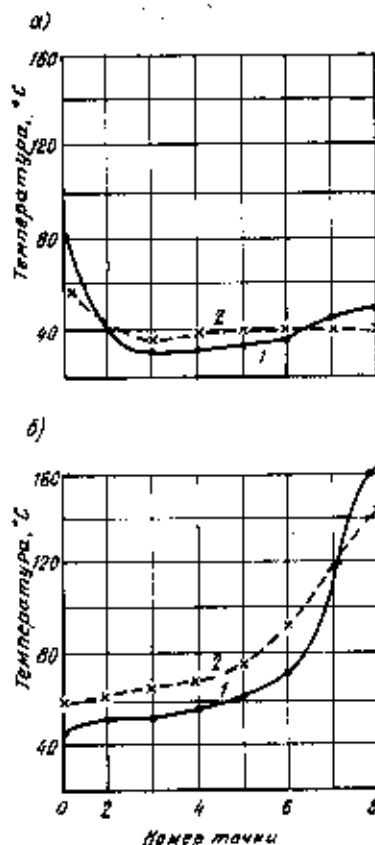


Рис. 2. Распределение температур по диаметру вагранки (нестационарный режим), измеренных через 1 (а) и 2 (б) штуцера  
1 — измерения сделаны через 1 ч после пуска; 2 — то же, через 2 ч

Таблица 2

Сырьевой компонент	Зерновой состав, % по массе, при размере зерна, мм			
	20	20—40	40—70	70—120
Габбро-диабаз	2	25	45	28
Доменный шлак	5	30	40	25
Известняк	2	34	54	10

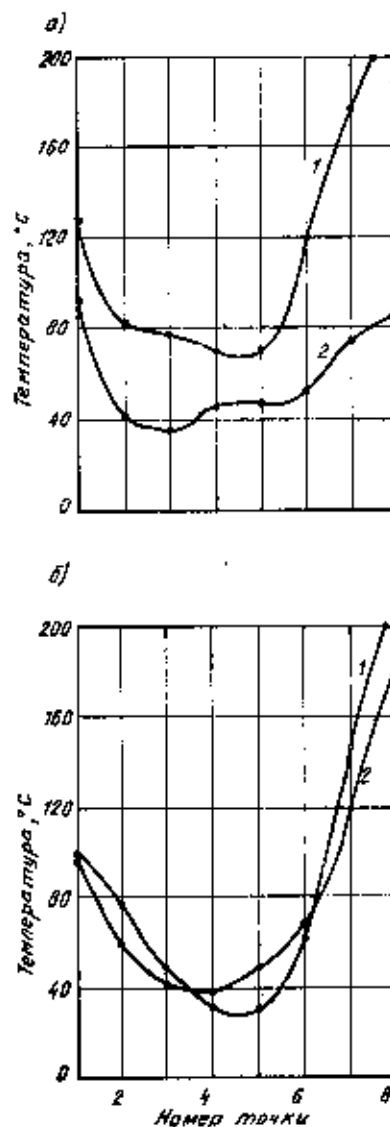


Рис. 3. Распределение температур по диаметру вагранки (стационарный режим), измеренных через 1 (а) и 2 (б) штуцера  
1 — при работе 20 фурм; 2 — то же, 13 фурм

логической линии производства минеральной ваты, а, во-вторых, резервы дутья (как по давлению, так и по количеству) на заводе практически использованы полностью. Чтобы увеличить кинетическую энергию фурменного газопотока, одна треть фурм была перекрыта специальными заглушками (см. рис. 1). При этом, как следует из результатов предыдущих работ [1, 2], окружающая неравномерность газораспределения практически не ухудшается.

Следует отметить, что в связи с неготовностью изготовления заглушек поперечное сечение фурм перекрывалось на 50—60%, что обеспечивало увеличение кинетической энергии дутьевого воздуха из открытых фурм почти в 1,2 раза. Результаты зондирования печи в этом

случае представлены на рис. 3.

Анализ кривой температур по диаметру печи, проходящему через штупер 1, показывает, что отклонение максимального и минимального значений температур составляет 1,6, а при диаметре, проходящем через штупер 2—2,52. Иными словами, газораспределение стало более равномерным по сравнению с предыдущим вариантом работы вагранки — в среднем на 34%. При этом производительность агрегата возросла приблизительно на 11% и составила 3,1 т/ч.

Анализ полученных влор распределения температур по диаметрам вагранок позволяет сделать вывод, что резервы повышения ее производительности и сокращения расхода топлива в настоящее

время еще не исчерпаны. Дополнительно повысить эффективность работы вагранки можно путем внедрения способа ведения плавки в шахтной печи, для осуществления которого требуется оборудование фурм действующими дроссельными заслонками и обеспечение резерва тягодутьевых средств по давлению и расходу воздуха.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптимизация режима работы вагранки СМТ-208 / А. И. Мельник, А. А. Мальцев, Я. М. Гордов и др. // Строит. материалы, 1987, № 3.
2. Абрамов Г. П., Эйндуквичюс К. К., Гордов Я. М. Управление тепловой и газодинамической работой вагранок минераловатного производства // Строит. материалы, 1988, № 11.

УДК 686.3.041.04.558.539

П. А. СТАРОМИНСКАЯ, канд. техн. наук, С. Л. ГЕРШМАН, инж., И. М. ЧЕРКАССКИЙ, инж. (НПО «Стройматериалы»), Н. Г. МИРОНЕНКО, инж., А. В. ДАНИЛЕВИЧ, инж., Л. Г. ДУТЧАК, инж. (Трипольский завод силикатных стеновых материалов)

## Реконструкция шахтных печей на природном газе

На Трипольском заводе силикатных стеновых материалов эксплуатировались две шахтные печи для обжига известня на природном газе конструкции НИИСтромпроекта (г. Ташкент) проектной производительностью 100 т/сут. С целью улучшения качества известня и технико-экономических показателей работы печей осуществлена их реконструкция.

До реконструкции печи, представляющие собой шахты круглого поперечного сечения с внутренним диаметром 3,2 м в зоне обжига, расширяющиеся в зоне подогрева, рабочей высотой 18 м, имели двухклапанные загрузочно-распределительные устройства с поворотной чашей на искусственной тяге, создаваемой дымососами ДН 12,5. Топливо подводилось через два яруса периферийных горелок — восемь в каждом ярусе, центральная (подовая) горелка вышла из строя. Расстояние между ярусами горелок — 3 м.

Проведенные теплотехнические испытания шахтных печей до реконструкции показали следующее. Производительность печи (по натуральной извести) — 90 т/сут; содержание активных  $\text{CaO} + \text{MgO}$  в выпускаемой извести — 60,2%; температура выгружаемой извести — 250°C; расход природного газа (с теплотворной способностью  $Q_p^H = 33100 \text{ кДж/м}^3$ ) — 410  $\text{м}^3/\text{ч}$ . Средний состав уходящих печных газов, %:  $\text{CO}_2$  — 10,6;  $\text{O}_2$  — 13,2;  $\text{N}_2$  — 78,2. Температура уходящих печных газов составляла 120°C.

Сложность изготовления и эксплуатации загрузочного устройства с поворотной чашей, недостаточная эффективность его работы привели к тому, что основной поток материала направлялся

в центральную часть шахты, где скапливались мелкие фракции, а у футеровки — крупные. Основная масса теплоносителя двигалась в кольцевом пространстве у футеровки печи, а в центральной ее части известняк обжигался при пониженных температурах. При этом средняя величина активности извести составляла 60,2%.

Наиболее совершенным загрузочно-распределительным устройством в настоящее время является лотковое устройство, в котором распределительным органом является наклонный лоток, который в зависимости от вида топлива и системы его сжигания имеет различную конфигурацию. Так, для шахтных пересыпных печей, где требу-

ется равномерно распределить карбонатное сырье и твердое топливо по сечению шахты, лоток выполняется в виде пластины с окнами и отбойниками. Для печей на газообразном топливе, где требуется направленное распределение известняка (крупная фракция — в центральной части шахты, мелкая — у футеровки), лоток выполняется в виде сплошной пластины.

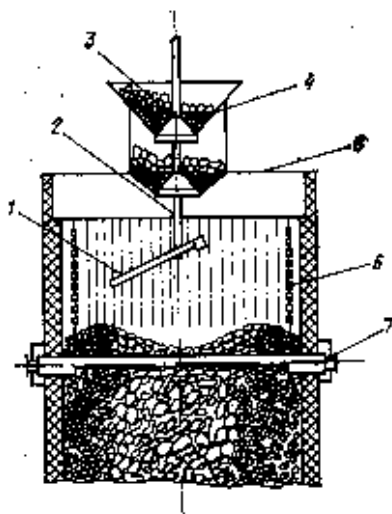
В ВНПО «Сахар» (г. Киев) для экспериментальной шахтной печи на мазуте создано загрузочно-распределительное устройство, на базе которого в НПО «Стройматериалы» разработана техническая документация на двухклапанное лотковое загрузочно-распределительное устройство для шахтных печей на газообразном топливе.

Это устройство (см. рисунок) представляет собой двухклапанную конструкцию, установленную по оси шахты. Распределение загружаемого известняка по сечению шахты осуществляется при помощи наклонного лотка 1 в виде сплошной пластины, закрепленного на вертикальном валу 2, который пропущен внутри шахты по оси запорных колоколов 3, 5.

При загрузке одной порции известняка заполняется расположенный под лотком сектор, площадь которого равна примерно 1/6 площади горизонтального сечения. После загрузки каждой порции известняка вал, на котором закреплен лоток, поворачивается на 65°. Частота вращения вала не превышает 1 об/мин, что обеспечивает его самоторможение после отключения электропривода. Вокруг лотка возле футеровки смонтирована цепная завеса 6, защищающая футеровку от ударов камня и способствующая направленному перераспределению фракция известняка по сечению шахты.

Эти устройства изготовлены на Васильковском опытно-экспериментальном машиностроительном заводе НПО «Стройматериалы» и установлены на двух печах Трипольского завода, где показали себя надежными в работе, обеспечивающими направленное распределение известняка по сечению шахты.

Установка специального короба-балки 7 для отбора печных газов, распо-



Двухклапанное лотковое загрузочно-распределительное устройство шахтной печи



ложенного ниже уровня засыпки, позволила стабилизировать температуру отходящих газов.

Ранее, при эксплуатации печей на газообразном топливе было обнаружено, что периодически происходит нарушение в движении материала по высоте шахты печи. При повышении удельных тепловых нагрузок или уменьшении выгрузки он начинает «спекаться», образует своды, так как между кусками материала нет пустот, которые образуются в пересыльных печах, работающих на твердом топливе.

Для улучшения движения материала по шахте печей конфигурация рабочего пространства шахты была заменена на коническую, с максимальным диаметром в зоне горения 3,2 м и сужающуюся в зоне подогрева.

Система ввода и сжигания природного газа в шахтных печах играет решающую роль в их работе. Эксплуатация печей на природном газе показала, что установка второго яруса периферийных горелок не вызывает необходимости. Напротив, создаются определенные трудности в регулировании процесса горения природного газа.

ВНИИстромом им. П. П. Будникова предложена конструкция центральной горелки, которая монтируется непосредственно на балке-рассекателе выгрузочного механизма. При ее применении исключается преждевременное воспламенение газа и отпадает потребность в рециркуляте.

На шахтных печах Трипольского завода двухъярусное сжигание газа в периферийных горелках было заменено на одноярусное с установкой центральной горелки конструкции ВНИИстрома. При этом был отключен нижний ярус периферийных горелок. После реконструкции были проведены промышленные испытания печей с отработкой основных теплотехнологических параметров их работы.

За время эксплуатации печей получены следующие параметры их работы. Производительность печи (натуральной извести) — 100 т/сут; содержание активных ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) в выпускаемой извести — не менее 80%; температура выгружаемой извести — до 50°C; общий расход природного газа ( $Q_p^H = 33\ 100$  кДж/Нм<sup>3</sup>), Нм<sup>3</sup>/ч: 560 в том числе на периферийные горелки — 365—390, на центральную горелку 195—170; средний состав уходящих печных газов, %:  $\text{CO}_2$  — 23,8%,  $\text{O}_2$  — 5,2,  $\text{N}_2$  — 71; температура уходящих печных газов — до 300°C.

По результатам испытаний составлены материальный и тепловой балансы (на 1 кг  $\text{CaO}$ ) шахтных печей до и после реконструкции. Анализ статей балансов показал, что потери тепла с уходящими печными газами уменьшились, несмотря на повышение их температуры, что связано со значительным уменьшением их объемов. Уменьшились потери тепла с выгружаемой известью. При этом с увеличением расхода топлива на печь удельный расход тепла на 1 кг  $\text{CaO}$  снизился.

Реконструкция и промышленное освоение технологии обжига извести в шахтных печах Трипольского завода силикатных стеновых материалов позволили увеличить производительность печей, обеспечить устойчивый выпуск извести не ниже II сорта. Годовой экономический эффект составил 216,8 тыс. р.

## Ресурсосбережение

УДК 666.871.16.001.1

С. А. ВИСОЦКИЙ, канд. техн. наук, М. И. БРУССЕР, канд. техн. наук, В. П. СМЕРНОВ, инж., А. М. ЦАРИК, инж. (НИИЖБ Госстроя СССР)

### Оценка эффективности и классификация минеральных добавок к цементам и бетонам

В связи с ростом дефицита цемента, уменьшением ресурсов высококачественного сырья, увеличивающимся объемом производственных отходов и обострением экологической проблемы повышается актуальность применения различных дисперсных минеральных добавок (МД) при изготовлении цементов и бетонов.

Для рационального использования минеральных добавок большое значение имеет достоверная оценка их эффективности.

Среди действующих методов физико-механических испытаний метод, отвечающий ГОСТ 231—9—81 [1], не учитывает специфики поведения МД в сочетании с портландцементом. Предусматривает способы определения некоторых характеристик (например, водостойкости), неприемлемые для отдельных видов добавок, не позволяет оценить добавки-наполнители, хотя они также могут быть эффективны [2]. В подходе к испытаниям по методу Л. Я. Гольдштейна и др. [3] значительно завышено отношение минеральной добавки: портландцемент, искусственно загрублена дисперсность МД. Стандартные методы [1] и [4] не учитывают особенностей бетонов.

Предварительно проведенные опыты показали, что оценка эффективности использования МД по экономии цемента, достигаемой для получения бетонной смеси и бетона с заданными характеристиками, не является однозначной, а зависит от ряда факторов, в том числе от вида и химико-минералогического состава

и других характеристик используемого цемента.

Иллюстрацией могут служить данные, полученные при испытаниях бетонов на различных цементах с минеральными добавками вулканического происхождения. Влияние вида цемента на эффективность использования минеральных добавок в пропаренных бетонах показано в табл. 1. Так, при использовании портландцементов с добавками (ПДЦ), введенными при помоле цемента (ангарский ПДЦ, с 15—20% зола-уноса, и брянский ПДЦ, с 8—10% трепела), отмечена меньшая эффективность минеральных добавок, дополнительно введенных в бетонную смесь, нежели при применении бездобавочных портландцементов. В свою очередь среди последних преимущество имеет воскресенский ПЦ, что, вероятно, связано с повышенным содержанием в нем щелочей (около 1,5%), в том числе более 40% быстрорастворимых (в виде сульфатов), активизирующих частицы вулканического стекла. Плохая же совместимость МД с белгородским ПЦ связана, очевидно, с пониженным содержанием  $\text{R}_2\text{O}$  в клинкере (менее 0,45%).

Эффективность минеральных добавок, введенных в бетонные смеси, в значительной степени зависит также от отношения  $C/W$ , расхода цементного теста, зернового состава песка. Поэтому даже при использовании конкретных сырьевых материалов эффективность МД в бетоне необходимо оценивать по результатам подбора не одного состава бетона, а с варьированием как минимум

Таблица 1

Вид исходного цемента	Количество добавки в расчетном цементе, %	Содержание $\text{R}_2\text{O}$ , %	Удельная экономия портландцемента $E_c$ при введении минеральных добавок			
			перлита	вулканического пепла	вулканического туфобальзита	цеолита
Воскресенский ПЦ	—	1,45	0,97	0,83	0,31	—0,6
Спасский ПЦ	—	0,7	—	0,2	0,2	—
Белгородский ПЦ	—	0,39	—	—0,13	0,1	—0,82
Брянский ПДЦ	Трепел 8—10	0,41	0,52	—0,21	0,07	—
Ангарский ПДЦ	Зола-унос 15—20	0,66	0,61	—0,23	—0,27	—

Примечание: ПЦ — портландцемент; ПДЦ — портландцемент с минеральной добавкой, введенной при помоле цемента.

на трех уровнях значений  $C/B$  и расхода добавки. Не исключает этой необходимости и оперирование с часто используемым показателем цементирующей эффективности МД [6].

Вместе с тем для предварительной оценки и сопоставления различных МД, а также для выбора наиболее эффективных из них является выработанная нами упрощенная оценка, которая базируется на испытании эталонного состава бетона при фиксированном содержании МД в цементе. Основными положениями такой оценки являются в следующем.

1. Исходным материалом служат портландцемент М400 или М500 второй группы с активностью при пропаривании по ГОСТ 22236—85, речной кварцевый песок и гранитный щебень фракций 5—10 и 10—20 мм в соотношении 2:3 по массе. Так как с изменением крупности песка в содержании в нем тонкодисперсных фракций изменяется эффективность МД, эти показатели следует сохранять постоянными:  $M_w = 1,8 \pm 0,1$ ; содержание фракции менее 0,14 мм —  $8 \pm 2\%$ .

2. Содержание МД в смешанном цементе — максимальное по ГОСТ 22266—76, т. е. 30% по массе для добавок осадочного происхождения (кроме глиежей) и близкое к ним по свойствам добавки связки пыли (отхода производства ферросилиция) и 40% по массе для всех остальных добавок. При этом достаточно ярко проявляется эффект МД и в большинстве случаев обеспечивается минимально допустимый расход портландцемента в бетоне исходя из условий сохранности арматуры.

3. В качестве эталонного выбран состав с соотношением цемент (ПЦ+МД): песок: щебень, равным 1:2:3,5 по массе, из которого готовят смеси умеренной подвижности ( $O_K = 4 \pm 1$  см). При переходе к более жирным составам (например, 1:1,5:3) эффективность МД проявляется в меньшей степени. Это соответствует общей закономерности, по которой в первую очередь по мере возрастания  $C/B$ , увеличения расхода цементного теста в бетоне, повышения содержания тонкодисперсных фракций в заполнителях (менее 0,14 мм), снижения пустотности песка наблюдается уменьшение эффективности действия МД.

4. Заданную удобоукладываемость обеспечивают регулированием расхода воды, причем этот способ позволяет лучше различать добавки по качеству (в частности, по различной водопотребности).

5. Из бетонных смесей на основе портландцемента, а также на основе портландцемента и исследуемой добавки изготавливают по 9 кубов с ребром 10 см. Из них 6 кубов пропаривают по режиму 2+3+6—2 ч при 80°C, причем 3 куба испытывают на сжатие через 1 сут после изготовления, а еще 3 — в возрасте 28 сут последующего нормального твердения. Три куба постоянно хранят в нормальных условиях и испытывают через 28 сут.

Следует отметить, что испытания кубов после пропаривания позволяют в наибольшей степени выявить различия между добавками по эффективности и

в определенной степени могут служить в качестве ускоренного метода для сравнительной оценки МД. 28-суточные испытания после пропаривания дают возможность получить более достоверное представление об эффективности МД в сравнении с портландцементом, поскольку последующее после тепловлажностной обработки твердение бетона только на портландцементе в ряде случаев протекает более интенсивно, нежели бетонов, содержащих МД.

6. В качестве показателя эффективности МД принимают удельную экономию портландцемента  $E_d$  на единицу прочности бетона эталонного состава, достигаемую при введении единицы массы добавки:

$$E_d = \frac{C/R - C'/R'}{n C/R}$$

где  $n$  — доля добавки по массе в смешанном вяжущем (в долях единицы);  $C$  и  $C'$  — расходы портландцемента в бетонах соответственно без добавки и с минеральной добавкой;  $R$  и  $R'$  — значения прочности бетона при сжатии соответственно без добавки и с минеральной добавкой.

На основе такого подхода сделана оценка ряда МД, различающихся по природе, механизму проявления активности и по другим характеристикам, причем использованы добавки как естественной дисперсности (золоташлаковые отходы, силикатная пыль), так и специально разработанные до дисперсности, характерной для измельчения материалов в шаровых мельницах. На основе полученных данных предложена классификация минеральных добавок.

Использование показателя  $E_d$  позволяет разграничить минеральные добавки

по свойствам и эффективности применения в бетоне стандартного состава (табл. 2).

По эффективности действия МД могут быть разделены на эффективные (трех группа): с  $E_d \geq 0,1$  и неэффективные с  $E_d < 0,1$  (табл. 3). Дальнейшее рассмотрение классификации МД основывается в первую очередь на испытаниях пропаренных бетонов, в которых эффективность добавок, как правило, проявляется более заметно.

К первой группе — высокоэффективных МД — относятся добавки, характеризующиеся  $E_d > 0,7$ , главным образом доменные гранулированные шлаки, причем для исследованных основных шлаков достигнуто значение  $E_d \geq 1$  свидетельствует о практической равноценности их портландцементу или даже о некотором превосходстве над ним. Высокая эффективность подобных добавок обусловлена низкой их водопотребностью (порядка 95% в сравнении с бетонной смесью стандартного состава) на портландцементе и высокой гидратационной активностью (степень гидратации основных шлаков после пропаривания по данным экстракционной анализа достигает 20% и более [6]). К этой же группе могут быть, по-видимому, отнесены тонкодисперсные безыловые шламы и электротермофосфорные шламы.

Ко второй группе относятся МД, объединяющие широкий спектр искусственного (различные виды топливных зсл, силикатная пыль) и природного происхождения (в частности, осадочные горные породы — диатомит). Эффективность их изменяется в широких пределах в зависимости от механизма проявления химической активности, степени актив-

Таблица 2

Минеральная добавка	$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /кг	R/R бетона	Удельная экономия цемента в бетонах, твердевших в условиях			Эффективность МД
			теплолаж-вострой об-работки	28 сут после тепловлажностной об-работки	28 сут нормального твердения	
Основной доменный шлак	260	0,52	1,22	1,12	0,92	Высокая
Высокдисперсный зерлит Ягоднинского месторождения*	680	0,51	1	0,97	0,57	>
Отход производства ферросилиция	—	0,72	1,2	0,7	0,7	Средняя
Золы-уносы Лядыжниковской ГРЭС	260	0,5	0,56	0,67	0,41	>
Высококальциевая золы-уносы Новосибирской ТЭС	260	0,51	0,33	0,59	0,76	>
Диатомит	1400	0,74	0,87	0,55	-0,65	>
Домошная зола Павлодарской ТЭС	520	0,66	0,78	0,54	0,4	>
Зола Павлодарской ТЭС	300	0,56	0,42	0,43	0,26	>
Домошная зола Боркутинской ТЭС	350	0,66	0,87	0,34	0,3	Низкая
Вулканический шлак Козельского месторождения Вулканической туфобазальт Саятгорского месторождения	310	0,51	0,4	0,33	0,5	>
Зола Боркутинской ТЭС	890	0,52	0,48	0,31	0,52	>
Зола Боркутинской ТЭС	300	0,56	0,13	0,06	-0,22	Неэффективна
Мелкозернистый кварцевый песок	310	0,5	-0,23	-0,03	0,28	>
Песок	450	0,62	-0,65	0,5	-0,41	>

\* Примечания: В качестве исходного вяжущего использовали воскресский ПЦ. \* Струйная активация.

ности МД, водопотребности, механических свойств зерен добавки. Среди этой группы могут быть выделены следующие типичные представители, обладающие характерными показателями водопотребности и химической активности:

а) МД с низкой водопотребностью (менее 100%) и слабой пуццоланической активностью (например, золь-унос Ладжинской ГРЭС от сжигания каменного угля), эффект которой при низкой удельной поверхности  $S_{уд}$  (2000 см<sup>2</sup>/г), обуславливающей низкую пуццоланическую активность, связан в первую очередь с повышенной плотностью цементного теста (19%) и пластифицирующим влиянием зольных частиц на удобоукладываемость смеси;

б) МД с высокими значениями пуццоланической активности и водопотребности (110—125% и более) — силикатная пыль, диатомит и им подобные добавки, которые благодаря высокой дисперсности и наличию кремнезема в аморфном состоянии сильно связывают известь, но обладают высокой нормальной плотностью (50—80%) и значительно увеличивают вязкость смеси, что уменьшает экономию цемента;

в) МД со средними значениями водопотребности (100—110%) и пуццоланической активности (исходная и домологая золы Павлодарской ТЭС);

г) МД, обладающие одновременно пуццоланической и гидравлической активностью вследствие наличия самостоятельно твердеющих фаз (из числа изученных МД — высокоосновная зола от сжигания угля Канско-Ачинского месторождения).

В третью группу входят МД, обеспечивающие  $E_{д} = 0,1—0,4$ . Добавки этой группы имеют слабые пуццоланические свойства или вообще не имеют их. К числу таких добавок относятся грубодисперсные золы, в том числе зола Воркутинской ТЭС. Она содержит более 20% частиц крупнее 85 мкм. Имеет вследствие этого повышенную активность и содержит агрегаты более мелких частичек, что в совокупности отрицательно сказывается на прочности бетона, ряд вулканических горных пород (см. табл. 2).

Неэффективными следует считать добавки с  $E_{д} < 0,1$ . В эту группу добавок могут входить различные виды наполнителей типа кварцевого песка низкой дисперсности (см. табл. 2), закристаллизованные шлаки, отдельные виды зол, карбонатные наполнители и другие инертные добавки.

В зависимости от группы добавок по эффективности с учетом результатов изучения свойств бетонов могут быть даны следующие рекомендации по применению МД: для снижения расхода цемента (основное назначение МД), повышения сохранности удобоукладываемости смесей, улучшения некоторых строительно-технических свойств бетонов и их экономичности рекомендуются главным образом добавки 1-й и 2-й групп.

Добавки 1-й группы рационально использовать в бетонах различных марок вплоть до М400—М500. С увеличением марки бетона как для добавок этой

Степень эффективности МД	Показатель эффективности $E_{д}$	Характеристика наиболее распространенных минеральных добавок различной эффективности		
		водопотребность бетонной смеси стандартного состава с МД, % от водопотребности смеси на ПЦ	механизм проявления химической активности МД	характеристика химической активности МД
Высокоэффективные	0,7	< 100 (90—100)	Гидравлический	Высокая
Среднеэффективные	0,4—0,7	< 100 (80—100)	Гидравлически-пуццоланический	»
		< 100—110	»	Средняя
		110 (110—125)	»	Высокая
Малоэффективные	0,1—0,4	< 100 (90—100)	Пуццоланический или отсутствует	Низкая
Неэффективные	0,1	< 100 (90—100)	Отсутствует	—

группы, так и особенно добавок 2-й и 3-й групп оптимальное содержание МД снижается. Добавки 2-й группы рекомендуются для изготовления бетонов марок М300—М500.

Снижение оптимального содержания МД по мере возрастания марки бетона наиболее заметно проявляется при использовании добавок с высокой водопотребностью и малопрочными агрегированными зернами. Добавки 3-й группы целесообразно применять в бетонах марок М200—М250. Применение МД с  $E_{д} < 0,1$  допустимо, но основной целью его являются утилизация отходов производства, достижение технико-экономического эффекта с учетом защиты окружающей среды, улучшение однородности, связности и транспортируемости бетонных смесей.

Особый практический интерес в настоящее время представляют минеральные добавки 2-й группы, поскольку ресурсы более эффективных добавок ограничены. Запасы же ряда стекловидных вулканических пород (туфобазальтов, перлитов и сопутствующих им пород), топливных зол, осадочных пород служат существенным резервом для дальнейшего увеличения выпуска вяжущих и бетонов, а эффективность этих добавок может быть повышена в результате диспергирования путем помола как в шаровых мельницах, так и в устанавливаемых в настоящее время на ряде предприятий стройиндустрии струйных активаторах и вибромельницах.

Рассмотренный подход к определению эффективности различных минеральных добавок позволяет учесть специфику поведения последних в бетонах. Он рекомендуется для предварительной оценки МД в исследовательской практике и на производстве. Такой подход к оценке МД и предложенную на его основе классификацию целесообразно исполь-

зовать при разработке нормативно-технических документов, регламентирующих испытания добавок, а также изготовление и применение бетонов с их использованием.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 21—9—81. Добавки для цементов. Активные минеральные добавки. Технические условия.
2. Lisicki K. H. Wirksamkeitsfaktor und Zementlag-uivalentmasse — neue Kenngrößen zur Bewertung von Betonzusatz und Zementzusatzstoffen // *Betontechnik*, 1987, № 2, S. 58—62.
3. Метод определения активности минеральных добавок в цементах / Л. Я. Рольдштейн, О. А. Белохвостова, Л. С. Гейдарова, Т. Ф. Ермаков // *Цемент*, 1988, № 12.
4. Стандартные методы отбора образцов и испытания золы-уноса для натуральных пуццоланов с целью использования их в качестве минеральной добавки в бетон на портландцементе. Перевод стандарта ASTM C 311—85; ВЦП № М—49312, 1985.
5. Смыт А. Э. Современный подход к применению золы-уноса в бетоне. — В кн.: *Технология товарной бетонной смеси* / Под ред. Р. Дехра. — М.: Стройиздат, 1981.
6. Выходки С. А. Эффективность тепло-влажностной обработки бетонов на шлакопортландцементе различного состава: Автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. — М., 1977.

Н. А. ПЕТРОВ, инж. (Новочеркасский политехнический институт)

## Критерии определения оптимальных параметров разработки песчано-гравийных месторождений земснарядами

В практике горных работ при добыче сырья для нерудных строительных материалов из-за его относительной малочисленности имеют место необоснованно высокие потери без экономического ущерба для горнодобывающего предприятия. Однако для народного хозяйства потерянные запасы вызывают ущерб, связанный с дополнительным изложением площадей и дополнительными затратами на освоение новых месторождений. Следовательно, рациональные параметры разработки месторождений следует определять с учетом экономических показателей горных работ, качества минерального сырья, ценности других природных ресурсов на площади горных работ и рационального использования отработанных площадей после окончания горных работ.

Существующие методики сравнения способов и систем разработки, различающихся различным уровнем потерь, в качестве оценочного показателя рекомендуют экономическую эффективность  $\mathcal{E}$ , определяемую разностью прибыли  $\Pi$  и ущерба  $\mathcal{Y}$ , связанных с потерянными запасами:

$$\mathcal{E} = \Pi - \mathcal{Y}. \quad (1)$$

При разработке месторождений песчано-гравийных смесей земснарядами существенные потери полезного ископаемого наблюдаются на дне карьера. Для залежей большой мощности эти потери определяются технически возможной глубиной разработки, которая у наиболее распространенных земснарядов с грунтовым насосом, размещенным в трюме, составляет 10—15 м. Для залежей с мощностью, не превышающей техническую глубину разработки, потери на дне карьера составляют межшаговые целики, остающиеся при переносе грунтозабора в новое положение.

Увеличение шага переноса грунтозабора приводит к увеличению количества горной массы, отработанной при одном положении грунтозабора, сокращает затраты времени на папильонирование, отнесенные к 1 м<sup>3</sup> добытого полезного ископаемого, и соответственно увеличивает производительность земснаряда. В то же время возрастают потери полезного ископаемого и межшаговые целики.

В общем виде критерий для определения оптимального шага переноса грунтозабора, обеспечивающий максимальную народнохозяйственную эффективность, можно представить

$$\mathcal{E}_{\text{шт}} = \mathcal{C}(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) - [Z + \mathcal{C}_0 + \mathcal{C}_p/(1 - P)] \rightarrow \max, \quad (2)$$

где  $\mathcal{C}(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$  — цена добываемой песчано-гравийной смеси (ПГС), зависящая от качественных показателей  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ , изменяющихся при изменении шага переноса грунтозабора земснаряда, р;  $Z$  — приведенные затраты на добычу 1 м<sup>3</sup> ПГС, р/м<sup>3</sup>;  $\mathcal{C}_0$  — народнохозяйственная ценность земной поверхности, нарушаемая при добыче 1 м<sup>3</sup> ПГС, р/м<sup>2</sup>;  $\mathcal{C}_p$  — геолого-разведочные, проектно-изыскательские и другие затраты, связанные с подготовкой месторождения к эксплуатации, р/м<sup>2</sup>;  $P$  — потери полезного ископаемого в долях.

Разработка песчано-гравийной массы как сырья для нерудных строительных материалов осуществляется обычно без разубоживания подстилающими породами. При стабильных качественных показателях ПГС по мощности залежи шаг переноса грунтозабора не влияет на ценность добываемого сырья, и ее можно не учитывать при определении оптимального шага переноса грунтозабора. В этом случае критерий  $\mathcal{E}$  (2) равнозначен условию

$$\Phi = Z + \mathcal{C}_0 + \mathcal{C}_p/(1 - P) \rightarrow \min, \quad (3)$$

Приведенные затраты на добычу 1 м<sup>3</sup> ПГС составляют:

$$Z = \mathcal{C}_p Q^{-1} + \mathcal{C}_n t_n V_{\text{шт}}^{-1} + \mathcal{C}_a m_a (m_n - H)^{-1}, \quad (4)$$

где  $\mathcal{C}_p$  и  $\mathcal{C}_n$  — стоимость машино-часа работы земснаряда соответственно при выемке полезного ископаемого и папильонажных работах без выемки грунта, р/ч;  $Q$  — техническая производительность земснаряда, м<sup>3</sup>/ч;  $t_n$  — продолжительность технологического перерыва в работе земснаряда, связанного с переносом грунтозабора, ч;  $V_{\text{шт}}$  — объем полезного ископаемого, отработанный между технологическими перерывами в работе земснаряда, связанными с переносом грунтозабора, м<sup>3</sup>;  $\mathcal{C}_a$  — затраты на удаление 1 м<sup>3</sup> вскрыши, р/м<sup>3</sup>;  $m_a$  — мощность удаляемой вскрыши, м;  $m_n$  — мощность полезного ископаемого,  $H$  — средняя толщина слоя полезного ископаемого, оставленного на дне карьера в межшаговых целиках (педобор), м.

Народнохозяйственная ценность земной поверхности, нарушенная при добыче 1 м<sup>3</sup> ПГС, будет:

$$\mathcal{C}_0 = 10^{-4} S_a (m_n - H)^{-1}, \quad (5)$$

где  $S_a$  — народнохозяйственная ценность нарушаемых площадей, р/га.

Объем полезного ископаемого  $V_{\text{шт}}$ , отработанный между технологическими перерывами в работе земснаряда, и величина недобора  $H$  определяются по различным формулам в зависимости от способа выемки и папильонирования. При выемке отдельными воронками, расположенными по квадратной сетке, их значения составят:

$$V_{\text{шт}} = A^2 (m_n - H), \quad (6)$$

$$H = 0,385 A \operatorname{tg} \alpha, \quad (7)$$

где  $A$  — расстояние между центрами смежных воронок, м;  $\alpha$  — угол подвального откоса в процессе выемки.

При выемке с непрерывным папильонированием по ширине заходки в процессе выемки

$$V_{\text{шт}} = B S_n (m_n - H), \quad (8)$$

где  $B$  — ширина заходки, м;  $S_n$  — шаг подачи грунтозабора на забой, м.

Величина недобора при свайно-тросовом папильонировании на сваях с неподвижными направляющими

$$H = 0,333 S_n \operatorname{tg} \alpha, \quad (9)$$

а при свайно-тросовом и свайном папильонировании на сваях с напорным ходом

$$H = 0,25 S_n \operatorname{tg} \alpha. \quad (10)$$

С учетом (4) и (5) условие для определения оптимальных параметров переноса грунтозабора при различных способах выемки и папильонирования имеет вид

$$\Phi = \mathcal{C}_p Q^{-1} + \mathcal{C}_n t_n V_{\text{шт}}^{-1} + (\mathcal{C}_a m_a + 10^{-4} S_a + \mathcal{C}_p m_n)/(m_n - H) \rightarrow \min. \quad (11)$$

Однако параметры, оптимальные для народного хозяйства, могут быть неоптимальными с точки зрения отрасли, предприятия или бригады земснаряда, так как экономические интересы народного хозяйства, трудового коллектива и отдельного работника не всегда совпадают. Так, для отрасли критерием для определения оптимальных параметров переноса грунтозабора должно быть выражение (11) без учета ценности нарушаемых площадей

$$\Phi_0 = \mathcal{C}_p Q^{-1} + \mathcal{C}_n t_n V_{\text{шт}}^{-1} + (\mathcal{C}_a m_a + \mathcal{C}_p m_n)/(m_n - H) \rightarrow \min, \quad (12)$$

Для предприятия в условии (12) не учитываются затраты на освоение новых запасов

$$\Phi_n = \mathcal{C}_p Q^{-1} + \mathcal{C}_n t_n V_{\text{шт}}^{-1} + \mathcal{C}_a m_a/(m_n - H) \rightarrow \min. \quad (13)$$

Для команды земснаряда, работающей сделно, оптимальными будут параметры выемки, обеспечивающие наиболее высокую производительность. Критерий оптимальности параметров переноса грунтозабора для команды земснаряда может быть определен из условия (13) без учета затрат на вскрышные работы:

$$\Phi_n = \mathcal{C}_p Q^{-1} + \mathcal{C}_n t_n V_{\text{шт}}^{-1} \rightarrow \min. \quad (14)$$

Анализ показателей работы земснаряда 300-40 по различным критериям проведен в условиях Беляевского участка

<sup>1</sup> Байков Б. И. Справочник по нормированию потерь руды на карьерах. — М.: Недра, 1980.

Ташкинского карьероуправления ПО Кубаньводстройматериалы при мощности песчано-гравийной залежи  $m_x=7,6$  м, мощности вскрыши  $m_y=2,7$  м. Кровля песчано-гравийной залежи не обводнена, удаление вскрышных пород за контуры карьера производится бульдозером при затратах на удаление вскрыши  $S_2=0,25$  р/м<sup>3</sup>.

Для сравнения были определены следующие показатели, соответствующие критериям оптимальности (11)–(14) соответственно для народного хозяйства, отрасли, предприятия и команды земснаряда: эксплуатационная производительность земснаряда, потери полезного ископаемого, площадь, нарушаемая при добыче 1 млн. м<sup>3</sup> ПГС, затраты предприятия на выемку 1 м<sup>3</sup> ПГС, значение показателя  $\varphi$  по формуле (11) и параметры переноса грунтовообора, соответствующие условиям (11)–(14).

Значения этих показателей приведены в таблице. Народнохозяйственная эффективность работы земснаряда по предлагаемому критерию по сравнению с работой при максимальной производительности более высокая при выемке отдельными воронками и составляет при минимальной для Краснодарского края ценности площадей  $S_2=5000$  р/га  $0,637-0,549=0,088$  р/м<sup>3</sup> со снижением производительности земснаряда на 16,7%.

С увеличением ценности нарушаемых площадей до  $S_2=20\ 000$  р/га, что в условиях Краснодарского края соответствует пахотным землям, эффективность работы по предлагаемому критерию возрастает до  $0,948-0,775=0,173$  р/м<sup>3</sup> со снижением производительности на 27,6%.

Такая же закономерность изменения показателей работы земснаряда наблюдается при других способах выемки и паллиативирования, но изменение самих показателей невысокое по сравнению с

Объект	Шаг переделья грунтообора	Эксплуатационная производительность земснаряда, м <sup>3</sup> /ч	Потери, %	Площадь, нарушаемая при добыче 1 млн. м <sup>3</sup> ПГС, га	Потери полезного ископаемого, м <sup>3</sup>	Эквивалентный показатель $\varphi$ , р/м <sup>3</sup> , при площади площадей	
						$S_2=5000$ р/га	$S_2=20\ 000$ р/га
<b>При выемке отдельными воронками</b>							
Команда земснаряда	12,5	192	37	21	0,375	0,637	0,948
Предприятие	5,2	176	16	16,1	0,354	0,557	0,798
Отрасль	5,3	169	16	15,6	0,355	0,552	0,785
Народное хозяйство:							
при $S_2=5000$ р/га	4,5	160	13	15,2	0,358	0,549	—
при $S_2=20\ 000$ р/га	3,3	159	10	14,6	0,373	—	0,775
<b>При выемке с паллиативированием на сваях в каллавижных направлениях</b>							
Команда земснаряда	3,2	194	8	14,3	0,311	0,516	0,733
Предприятие	1,8	190	4,8	13,8	0,308	0,506	0,71
Отрасль	1,9	187	3,3	13,6	0,304	0,506	0,71
Народное хозяйство:							
при $S_2=5000$ р/га	1,1	185	2,8	13,5	0,306	0,506	—
при $S_2=20\ 000$ р/га	0,8	180	2	13,4	0,308	—	0,708
<b>При выемке с паллиативированием на сваях с накорки ходом</b>							
Команда земснаряда	3,2	194	6,1	14	0,306	0,512	0,724
Предприятие	2,1	192	4	13,7	0,302	0,506	0,711
Отрасль	1,6	188	2,8	13,5	0,303	0,504	0,707
Народное хозяйство:							
при $S_2=5000$ р/га	1,3	187	2,5	13,4	0,304	0,503	—
при $S_2=20\ 000$ р/га	1	184	1,9	13,4	0,306	—	0,706

выемкой отдельными воронками. Выемка отдельными воронками кроме более высокой потери характеризуется и снижением производительности по сравнению с другими способами, но обеспечивает более высокое качество ПГС, если песчано-гравийное месторождение залегает на глинистых породах за счет исключения разубоживания песчано-гравийной массы комковой глиной.

Так как применение предлагаемого критерия приводит к снижению производительности земснаряда, он может

быть использован на практике в том случае, когда максимальная зарплата команды земснаряда будет соответствовать не максимальному количеству добытого грунта, а работе с параметрами, определенными по предлагаемому критерию, т. е. в тех случаях, когда предприятие, бригада и каждый работник будут работать в таких экономических условиях, при которых критерии оптимальности выбора параметров технологии будут совпадать на всех уровнях хозяйственной деятельности.

УДК 691.21.002.237

Ю. Г. КАРАСЕВ, канд. техн. наук (Московский горный институт), В. В. КОНКИН, горный инженер (Институт литосферы АН СССР)

## Выбор направления развития горных работ на карьерах природного камня

На выбор направления развития фронта горных работ карьеров природного камня большое влияние оказывают горно-геологические, экономические, организационные и социальные факторы.

Физико-технические свойства полезного ископаемого и вскрышных пород, условия их залегания, распределение объемов кондиционного сырья в пределах контура подсчета запасов, направления и интенсивность распространения главных систем трещин массивов во многом определяют порядок вскрытия рабочих горизонтов карьеров, конструкции фронтов горных работ.

Изменение цен и спроса на продукцию может привести к изменению структуры себестоимости и перераспределению объемов добываемого полезного ископаемого, что сказывается на порядке вскрытия и отработки рабочих горизонтов карьеров. Аналогичные изменения происходят и при внедрении новой техники и технологии при производстве вскрышных и добычных работ, изменении объемов производства.

При расположении карьеров в промышленно развитых районах возникают проблемы с отчуждением земель для открытых разработок, безопасного ведения горных работ для близкораспо-

ложенных населенных пунктов, защитой окружающей среды, рекультивации нарушенных земель.

В настоящее время для действующих карьеров определяющими являются горно-геологические факторы: трещиноватость и блочность массива.

Блочность, как правило, находится в обратной зависимости от трещиноватости, поэтому анализ трещиноватости массива горных пород позволяет решить многие технологические задачи на карьерах природного общеповоротного камня, определить оптимальное расположение и направление помещения фронта горных работ карьера, выбрать комплексы горного оборудования, решить вопросы режима горных работ, определить перспективные участки для добычи блоков на действующих карьерах.

В качестве примера взаимосвязи трещиноватости и блочности массива с порядком отработки полезной толщи служит анализ, проведенный для Емельяновского гранитного карьера.

Определение степени трещиноватости Емельяновского карьера возможно по карте удельной трещиноватости

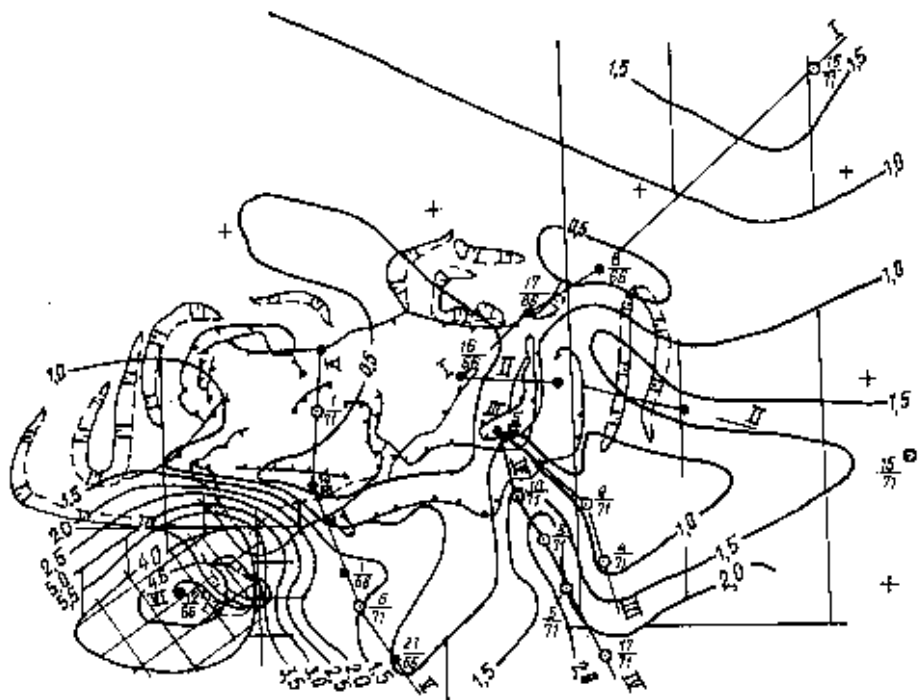


Рис. 1. Карта удельной трещиноватости (м/м²)

□ — удельная трещиноватость от 0 до 1; ||| — то же, от 1 до 2; ■ — то же, от 2 до 3; ▨ — то же, от 3 до 4; × — то же, от 4 до 5; ○ — скважины разведки 1971 г.; ● — то же, 1966 г.; — — вскрышные уступы; --- — добычные уступы

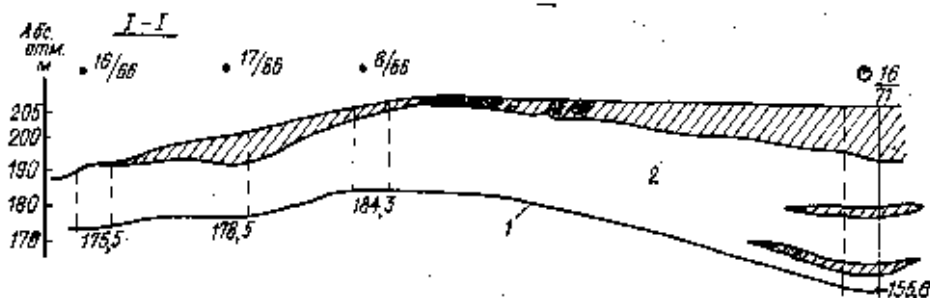


Рис. 2. Разрез по линии I—I

1 — блочный камень; 2 — нижняя граница раздробленной зоны

(рис. 1). Выявленные основные закономерности в распределении трещиноватости массива были подтверждены результатами промышленной добычи блоков на карьере к натурным изменениям параметров трещин в забоях, проведенными при участии авторов в 1987—1988 гг.

Для определения перспективного направления развития фронта горных работ было построено шесть разрезов по скважинам для различных участков. На рис. 2 приведен разрез по линии I—I.

Развитие фронта в северном направлении характеризуется высокой блочностью массива, небольшой мощностью вскрышных пород. Сильнотрещиноватые зоны здесь почти полностью отсутствуют. Наибольший выход блоков камня будет достигнут на первых этапах отработки (ска. 17/66, 8/66—15/66). В дальнейшем (ска. 16/71) увеличивается мощность вскрыши, появляются сильнотрещиноватые зоны гранитного массива, не пригодные для получения блоков.

В восточном направлении сильнотрещиноватые зоны и вскрышные породы отсутствуют. Их наличие обнаруживается только в районе ска. 15/71.

Юго-восточное направление фронта характеризуется более интенсивной трещиноватостью и наличием сильнотрещиноватых зон. Вскрышные породы имеют небольшую мощность до 3 м, поддержаны на всем протяжении (ска. 5/66, 9/71, 4/71). Сильнотрещиноватые зоны отсутствуют в первый период отработки (ска. 5/66) и прослеживаются в последующем (ска. 9/71, 4/71).

Развитие фронта работ в южном направлении проанализировано по разрезам трех линий скважин: восточный участок (разрез IV—IV), центральный (разрез V—V), западный (разрез VI—VI).

Восточный участок южной части массива обладает высокой блочностью и небольшой вскрышей только в районе ска. 5/66. При дальнейшей отработке по направлению скважин 10/71, 5/71, 8/71 мощность вскрыши увеличивается до 15 м, появляются сильнотрещиноватые зоны, что делает технически невозможным или экономически невыгодным добычу блоков камня.

Центральный участок характеризуется сменной зоной вскрыши и сильнотрещиноватых и монолитных зон гранитов (ска. 1/71, 14/66, 1/66, 21/66).

Западный участок гранитного массива разведен недостаточно, поэтому построение геологических разрезов по линиям скважин в данном направлении не представляется возможным. Согласно данным карты удельной трещиноватости блочность участка возрастает с юга на север, поэтому можно предположить, что северная часть западного участка более пригодна для отработки, чем южная.

Порядок развития карьерного поля определяется не только горно-геологическими, но и другими факторами. К северу от существующего карьерного поля, в 50—100 м, находятся цеха карьера, административно-бытовые здания и сооружения различного назначения, отвалы, дорога. Далее на северо-восток располагается жилой поселок.

Восточный участок, прилегающий к карьере, представляет собой слабохолмистую поверхность. В 200-х м от границы карьера проходит автомобильная дорога. Поверхность к югу от карьерного поля отведена под отвалы негабаритного камня. На западе вскрышные уступы карьера примыкают к сельскохозяйственным угодьям — пашне и огородам. Развитие работ в этом направлении приведет к нарушению почвенно-растительного слоя.

С учетом данных социально-экономического характера и данных анализа трещиноватости массива Емельяновского месторождения возможны следующие направления развития фронтов горных работ карьера.

В северном и западном направлениях дальнейшее расширение бортов карьера ограничено размещением на поверхности зданий и сооружений карьера, жилого поселка. Однако данные участки имеют камень самой низкой удельной трещиноватости и высокой блочности. Отработку добычных уступов в этом направлении целесообразно проводить до границы безопасного ведения горных работ.

Богатым по запасам и качеству полезного ископаемого является восточный участок. Развитие горных работ в этом и юго-восточном направлениях идет до автомобильной дороги, проходящей параллельно верхней бровке карьера.

В южном направлении в качестве перспективной может быть рассмотрена лишь центральная его часть (ска. 1/71, 4/66). Длина фронта работ в этом месте не должна превышать 30—40 м. Юго-западный и юго-восточный участки карьера не пригодны для добычи гранита на блоки.

В результате анализа рекомендуется следующий порядок развития карьерного поля:

- 1 — доработка добычных уступов западного и северного участков;
- 2 — концентрация работ на восточном участке с параллельной отработкой центральной части южного участка;
- 3 — нарезка новых горизонтов в западной части для карьера и отработка их в восточном направлении.

Отработка гранитного карьера Емельяновского месторождения в данной последовательности и указанных направлениях позволит добывать блоки высокого качества, увеличить производительность карьера по блочной продукции, соблюдать требования социально-экономического характера.

## Ускорение твердения асбестоцемента с помощью дистиллерной жидкости

Совершенствование формовочного оборудования асбестоцементных предприятий и увеличение его производительности часто связано с сокращением длительности тепловлажностной обработки асбестоцементных листов в конвейерах предварительного твердения с 4—5 до 3—3,5 ч. Это служит в ряде случаев причиной ухудшения качества (снижения прочностных и геометрических показателей), а на некоторых предприятиях вызывает разрушение листов при снятии их с тележек конвейера.

Чтобы обеспечить требуемую продолжительность тепловлажностной обработки асбестоцементных листов, в промышленности прибегают к увеличению числа листов на тележках конвейера. Так, в последней модели конвейера (СМА-358) предусмотрено 100 тележек. При увеличении числа листов на тележках ухудшается профиль изделий, растет объем брака по геометрическим показателям. Если прибегнуть ко второму способу — увеличению числа тележек, повышается энерго- и материалоемкость оборудования. Более сложным становится обслуживание последнего, т. е. снижаются технико-экономические показатели производства.

Иногда для интенсификации твердения асбестоцемента прибегают к дополнительному подогреву технологической воды и увеличению температуры паровоздушной среды в конвейере. Однако эти меры так же недостаточно эффективны, так как при небольшом дополнительном подогреве недостаточен эффект ускорения твердения, а существенный подогрев может привести к снижению пластичности полуфабриката и к температурной деформации изделий в конвейере т. е. к снижению их качества.

Проведенные ранее исследования [1, 2] позволили разработать способ интенсификации твердения асбестоцементных изделий [3—5], заключающийся в нанесении химических добавок-ускорителей твердения на асбестоцементный слой до его вакуум-обезвоживания. Показана возможность существенного ускорения твердения асбестоцементных листов и увеличения в 1,4—1,5 раза пропускной способности конвейера с применением в качестве добавки-ускорителя хлористого кальция.

Внедрение этого способа на основе применения довольно дорогого и не очень доступного товарного хлористого кальция связано с необходимостью решать вопросы регулярных его поставок и складирования требуемых запасов. Это в целом снижает эффективность предлагаемого способа.

В то же время есть промышленные предприятия, производящие синтетиче-

ские моющие вещества, титаномагнетитовые, хлорорганические продукты и др., у которых скапливаются вредные технологические отходы, загрязняющие окружающую среду, содержащие в своем составе хлорид кальция. Так, ПО «Сода» (г. Стерлитамак), объединяющее содовое, цементное и асбестоцементное производство, вынуждено решать проблему утилизации дистиллерной жидкости, являющейся побочным продуктом производства соды по аммиачному способу. Дистиллерная жидкость содержит до 13%  $CaCl_2$ , а также сульфаты, карбонаты и гидроксиды кальция, хлорид натрия и др. При производстве 1 т соды вместе с дистиллерной жидкостью выбрасывается более 1 т  $CaCl_2$  и 0,5—0,6 т  $NaCl$ .

Зная о недостаточных темпах начального твердения асбестоцементных листов в асбестоцементном производстве на ПО «Сода», приводящих к разрушению изделий при их съеме с тележек конвейера тепловлажностной обработки, а также о наличии на близлежащем содовом производстве указанной дистиллерной жидкости, авторы предприятия соавторскую попытку использовать указанную жидкость для ускорения твердения асбестоцементных листов. Для этого на линии СМ-1155 шиферного производства ПО «Сода» смонтировали установку из двух емкостей вместимостью 7 и 54 м<sup>3</sup> (приемной и накопительной). Снабдили ее двумя насосами (центробежным и плунжерным) и коллектором с форсунками для подачи дистиллерной жидкости на асбестоцементный слой при его вакуумировании на сукке листоформовочной машины. Иалитки жидкости из слоя удаляли с помощью дополнительной вакуум-коробки, установленной на фильтре раме. Суммарное значение вакуума в основной и дополнительной вакуум-коробках составляло примерно 0,8 кгс/см<sup>2</sup>. При выпуске контрольных партий листов дополнительную вакуум-коробку отключали.

Дистиллерная жидкость, использованная в работе, содержала 107,8 г/л ионов  $Cl^-$ ; 94,3 г/л ионов  $SO_4^{2-}$ . Общая щелочность — 54,4 г/л, рН=10,1.

Портландцемент имел удельную поверхность 3100—3740 см<sup>2</sup>/г, остаток на сите с сеткой № 008—6—16%. Химико-минералогический состав цемента приведен ниже (содержание окислов и расчетный минералогический состав даны в %).

CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> S	C <sub>4</sub> A	C <sub>3</sub> AF
63,4—65,99	20,08—20,25	5,07—5,25	3,9—4,17	3,37	1,92—2,18	59,2—64,7	9—12,9	6,2—7,3	11,9—12,7

Асбестовые шихты содержали 75% асбеста 5-й группы (в том числе 15—40% асбеста марки БЛ-5-66; 26—30% — КП-5-50 и 10—30% — ДЛ-5-50) и 25% асбеста 6-й группы (БЛ-6-45).

Асбестоцементные смеси состояли из 13,1—13,2% асбеста и 86,8—86,9% цемента.

При применении дистиллерной жидкости повышалась влажность асбестоцементного слоя до вакуумирования на 2—11%. Однако влажность свежесформованного пакета опытных партий благодаря дополнительному вакуумированию практически не превышала контрольный уровень. Несмотря на подключение дополнительной вакуум-коробки, увеличение уноса твердой фазы с фильтратом в опытных партиях не наблюдалось.

Затвердевшие листы подвергали физико-механическим испытаниям после конвейера тепловлажностной обработки, а также — в возрасте 3, 7 и 28 сут.

Для оценки кинетики твердения асбестоцементных изделий испытывали образцы 30×130 мм, вырубленные из свежесформованного асбестоцемента и прошедшие вместе с листами на тележках тепловлажностную обработку в конвейере в течение 1—4 ч. Результаты приведены в табл. 1 и показывают, что применение дистиллерной жидкости (партии O<sub>1</sub> и O<sub>2</sub>) позволяет существенно укоротить твердение асбестоцемента, особенно в течение первых 2—3 ч. В дальнейшем темп набора прочности снижается, что можно объяснить связыванием хлорида кальция с образованием гидрохлоралюмината кальция при гидратации  $Ca_2A$ .

Таблица 1

Маркировка партии	Температура паровоздушной среды в конвейере, °С	Предел прочности при изгибе, кгс/см <sup>2</sup>				асбестоцементных листов после тепловлажностной обработки
		асбестоцементных образцов при продолжительности твердения, ч				
		1	2	3	4	
K <sub>1</sub>	72	0	16	87,7	120	87,6
O <sub>1</sub>	72	2,9	94,7	135,2	149	126,4
K <sub>2</sub>	61	0	13,4	78,1	92,7	—
O <sub>2</sub>	61	0	76,5	119,9	126,9	96,7

Анализ результатов испытаний показывает, что опытные образцы, изготовленные с применением дистиллерной жидкости, через 2 ч 15 мин — 2 ч 33 мин достигали уровня прочности соответствующих контрольных образцов, твердевших в течение 3 ч 30 мин, а при одинаковой продолжительности твердения (3 ч 30 мин) их прочность в 1,28—1,39 раза превосходила контрольный уровень прочности. При этом прочность опытных образцов, обработанных при 61°C в течение 3 ч 30 мин, была в 1,16 раза выше прочности контрольных образцов такого же возраста, обработанных при 72°C.

В целом полученные данные показывают возможность существенного сокращения продолжительности тепло-

Таблица 2

Содержание ионов, г/л	Время от начала ввода дистиллерной жидкости, ч									
	0	1	3	4 ч 30 м	23 ч 30 м	26	29	30	31*	41*
Cl <sup>-</sup> в технологической воде	2,7	2,9	4,2	5,2	7	—	—	—	—	7,9
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> в технологической воде	0,4	0,6	2,1	2,7	5,2	5,3	5,1	5,3	6,5	4,4
Cl <sup>-</sup> в свежесформованном асбестоцементе	0,06	—	1,6	1,7	2,9	—	—	—	—	—

Примечание. \* Подача дистиллерной жидкости прекращена. \*\* Спустя 10 ч после прекращения подачи дистиллерной жидкости.

а влажностной обработки асбестоцементных изделий с одновременным снижением температуры паровоздушной среды в результате применения дистиллерной жидкости в качестве ускорителя твердения асбестоцемента.

Применительно к производственным условиям ПО «Сода» добавка дистиллерной жидкости позволяет снизить температуру среды в конвейере с 70 до 60°C, уменьшить на 3—4 число листов на тележках при продолжительности обработки 3 ч 30 мин и тем самым улучшить геометрические показатели листов и снизить расход пара.

При использовании дистиллерной жидкости в производственных условиях титриметрическим способом контролировали накопление ионов Cl<sup>-</sup> и SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> в рекуперированной технологической воде, а также содержание ионов Cl<sup>-</sup> в свежесформованном асбестоцементе (табл. 2). Установлено, что накопление указанных ионов в технологической воде происходит медленно.

Расчет показывает, что в условиях асбестоцементного производства ПО «Сода» содержание Cl<sup>-</sup> ионов в технологической воде при постоянном применении дистиллерной жидкости в условиях полностью замкнутого цикла рекуперации стабилизируется на уровне 30—40 г/л. Расчетное содержание хлорида кальция в свежесформованном полуфабрикате при этом составит около 10% массы цемента, будет чрезмерным и (как свидетельствуют результаты лабораторных экспериментов) приведет к значительному снижению прочности асбестоцемента в поздние сроки.

Для получения максимального эффекта в условиях производства ПО «Сода» содержание хлорида кальция в асбестоцементе (в пересчете на Cl<sup>-</sup>) должно находиться на уровне 2,5—3,5% массы цемента.

С учетом результатов ранних исследований [6] следовало ожидать, что накопление сульфат-ионов в технологической воде приведет к снижению фильтрационных свойств асбестоцементной суспензии. Однако в процессе применения дистиллерной жидкости на ПО «Сода» снижение производительности формовочного оборудования не наблюдалось. Следует также отметить, что прочностные показатели листов опытных партий в возрасте 7 сут были не ниже, чем у контрольных образцов.

Резюмируя изложенное, можно отметить, что применение дистиллерной жидкости в производстве волнистых асбе-

стоцементных листов на ПО «Сода» позволяет существенно ускорить начальные процессы твердения асбестоцемента и благодаря этому снизить температуру паровоздушной среды в конвейере тепло-влажностной обработки не менее чем на 10°C (с 70 до 60°C), а также сократить продолжительность обработки листов в конвейере, примерно, на 1 ч (или уменьшить на 3—4 шт. число листов на тележках конвейера). Такое применение дистиллерной жидкости — отхода содового производства — можно считать одним из эффективных путей ее утилизации.

Ожидаемый годовой экономический эффект от использования дистиллерной

жидкости в производстве асбестоцементных листов 40/150—1750 (без учета экологического эффекта) составит около 14 тыс. р. на одну технологическую линию.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимашев В. В., Каганович М. И. Исследование влияния некоторых электролитов на предварительное твердение асбестоцемента. — (Сб. тр. / МХТИ им. Д. И. Менделеева). — М., 1977. — Вып. 38.
2. Тимашев В. В., Каганович М. И. Определение прочности контакта асбестоцементных слоев на разрыв: Тез. докл. Республ. Конф. по физико-химической механике дисперсных систем и материалов. — Харьков, 1980.
3. А. с. 814643 СССР, МКП<sup>2</sup> СО4В 15/16. Способ изготовления асбестоцементных листов / В. В. Тимашев, А. М. Фукс, Ю. С. Гризак, М. И. Каганович (СССР) // Открытия. Изобретения. — 1981. — № 11.
4. А. с. 1129191 СССР, МКП<sup>2</sup> СО4В 15/16. Способ изготовления асбестоцементных труб / В. В. Тимашев, З. Г. Михель, М. И. Каганович (СССР) // Открытия. Изобретения. — 1984. — № 46.
5. Кузнецова Т. В., Михель З. Г., Каганович М. И. Способ и установка для применения химических добавок с целью повышения качества изделий на основе цемента. — (Инф. листок / МПНТИ). — М., 1984. — № 45.
6. Влияние химического состава жидкой фазы асбестоцементной суспензии на ее фильтрационные свойства / Т. М. Беркович, В. М. Михельсон, В. А. Соболев, Л. Т. Тонкава. — (Сб. тр. / ВНИИпроектасбестоцемств). — М.: Стройиздат, 1975. — Вып. 31.

## Инженерно-техническое отделение

молодежного центра  
«СЕВЕР»

- принимает заказы на разработку технико-экономических расчетов, рабочей документации на строительство кирпичных заводов малой мощности (5—10 млн. шт. усл. кирпича в год)
- реализует техническую документацию на туннельную печь с годовой производительностью 10 млн. шт. вид топлива — газ, мазут  
длина и ширина печи. 105,5; <2 м
- оказывает техническую помощь и консультирует организации, специализирующиеся в этой области.

Работы выполняются специалистами ведущих институтов промышленности строительных материалов Союзгипрострома и ВНИИстрорма им. П. П. Будникова.

За справками обращаться по адресу:  
129226 Москва, 1-й Сельскохозяйственный пр., д. 7/1.  
Инженерно-техническое отделение молодежного центра «Север».  
Телефоны: 181-29-48, 181-29-71.



# Новые и улучшенные материалы

УДК 674.813-41

В. И. МАРТЫНЮК, инж. (Испытательная пожарная лаборатория, г. Черновцы, УССР),  
А. А. ЛЕОНОВИЧ, д-р техн. наук (Ленинградская лесотехническая академия  
им. С. М. Кирова)

## Огнезащитные древесно-стружечные плиты

Широкое использование древесно-стружечных плит (ДСП) в строительстве сдерживается их пожарной опасностью. Стандартные ДСП являются горючими материалами, и СНиП 2.01.02—85 «Противопожарные нормы» значительно ограничивают их использование. Снижение горючести ДСП возможно модифицированием древесных частиц [1] или нанесением вспучивающихся огнезащитных покрытий [2].

Внесение водорастворимых антипиренов обеспечивает равномерное распределение огнезащитного средства в объеме материала, однако усложняет производство в связи с необходимостью сушки древесных частиц перед технологической операцией осмоления. При проектировании новых цехов это может быть учтено установкой дополнительного оборудования, но исключает организацию производства огнезащитных древесно-стружечных плит (ОДСП) на действующих предприятиях.

Нанесение покрытий предназначено для обработки ДСП по месту их установки. Эта операция не является индустриальной, что ограничивает широкое внедрение подобной огнезащиты при производстве ОДСП.

В разработанном новом виде продукции ОДСП-ТП задачу решили с использованием порошкового огнезащитного средства, представляющего собой фосфаты и полифосфаты, имеющие промышленное и опытное производство. В качестве антипиренов использовали аммофос (ГОСТ 18918—79), дициандиамид (ГОСТ 6988—73), полифосфат аммония с техническим названием факкор, представляющий собой продукт взаимодействия аммиака и фосфорного ангидрида с СП-1000-3000 (ТУ 6-08-795-81), практически не растворяющийся в воде.

ДСП изготавливали в цехе Берегметского лесокombината объединения «Черновицлес» на стандартном оборудовании линии плоского прессования трехслойных плит. Расход связующего КФ-МТ (ГОСТ 14231—79)—18%, по отношению к массе древесных частиц наружных слоев, считая на сухое вещество. Температура греющих плит пресса 160—170°C, давление прессования 3 МПа в течение 7 мин. Толщина ЛСП—15—19 мм. Физико-механические показатели определяли по ГОСТ 10632—77. Огневые испытания проводили по методу КТ (ГОСТ 16363—76) и методу распространения пламени (ГОСТ 12.1044—84), а также по стандарту СЭВ (СТ СЭВ 2437—80). Ре-

Выбор сочетаний препаратов диктовался следующими соображениями. Полифосфат аммония при нагревании начинает разлагаться и обеспечивает огнезащиту древесины по механизму каталитической дегидратации. Температура его активации соизмерима с температурой активного пиролиза древесины. Аммофос представляет собой смесь ортофосфатов аммония (доля  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ —80% по массе) с примесями солей металлов. Дициандиамид, как компонент вспучивающейся композиции типа ВПД, обеспечивает образование вспучивающегося защитного слоя.

Влияние различных антипиренов на горючесть плит, изучаемое по методу КТ, при содержании антипиренов 12% (по массе) и их основные физико-механические характеристики показаны в табл. 1. Соотношение факкор: дициандиамид (ДЦДА)—4:1, соотношение факкор: аммофос—1:1.

Рассмотренные антипирены снижают горючесть ДСП до уровня труднорюющих материалов: потеря массы менее 9%, самостоятельное горение и тление отсутствуют. Прочность плит несколько ниже стандартной, что обусловлено присутствием в структуре плиты антипиренов, выступающих в качестве инертного (по отношению к прочности) наполнителя. Теоретически при условии равномерного распределения антипиренов в объеме материала ДСП прочность их должна снизиться на 12%.

Вместе с тем обнаруживается негативное влияние аммофоса на поверхностные свойства ДСП. Из-за наложения солей металлов и разложения аммофоса с выделением аммиака нарушается сплошность поверхности. На ней появляются раковины глубиной 1—2 мм, диаметром 2—35 мм. Частичная замена аммофоса несколько уменьшает, но не устраняет отмеченный дефект.

Факкор не нарушает качество поверхности готовых ДСП. К нему дополнительно добавляли ДЦДА для создания своеобразного вспучивающегося покрытия, которое обеспечивает образование похоронного слоя на торце поджигаемого образца.

Приведенная прочность у всех образцов оказывается одного порядка. Это указывает на то, что введенные антипирены примерно в одинаковой мере влияют на механические показатели ДСП. Сравнение с требованиями стандарта показателей для ДСП марки П-2Б, предназначенных для использования в строительстве, свидетельствует о том, что по своему качеству огнезащитные изделия могут найти применение в помещениях, к которым предъявляются повышенные требования пожарной безопасности.

Свойства огнезащитных древесно-стружечных плит зависят от расхода антипирена. Влияние доли антипиренов по массе (факкор и ДЦДА) в частицах наружных слоев на показатели ДСП приведено в табл. 2. При снижении доли антипирена до 6—8% появляются кратковременное самостоятельное горение и тление среднего незащищенного слоя. Несмотря на удовлетворительные значения потери массы, такое количество антипирена оказывается неприемлемым.

Таблица 1

Физико-механические характеристики плит	Показатель для ДСП с антипиреном				
	факкор	аммофос	факкор и ДЦДА	факкор и аммофос	требования ГОСТ 10632-77
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	605	805	739	745	550—750
Влажность, %	6,3	7,1	6,4	6,3	—
Предел прочности, МПа:					
при изгибе	13,2	17,7	16,1	15,5	13,5
перпендикулярно ласти	0,49	0,51	0,38	0,55	0,295
Приведенная прочность, МПа·м <sup>3/2</sup> :					
при изгибе	21,4	21,9	20,4	20,6	—
перпендикулярно ласти	0,81	0,63	0,44	0,73	—
Разбухание, %:					
Потери массы, %	23,3	17,7	18,5	23,8	30
	6	6,2	6,7	6,8	—

Таблица 2

Физико-механические характеристики ДСП	Показатель для ДСП с долей антипирена, % по массе			
	12	10	8	6
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	739	726	702	739
Влажность, %	5,4	6,5	7,1	5,6
Предел прочности, МПа:				
при изгибе	15,1	18,3	19,1	16,5
перпендикулярно ласти	0,33	0,47	0,53	0,56
Разбухание, %:				
Потери массы, %	18,5	15,6	15,7	15,4
	6,7	5,42	6,8	6,44

Таблица 3

Компонент	Расход для слоя, кг		
	в наружном	в внутреннем	в щелевом
Измельченная древесина	3330	4060	5390
КФ-МТ	530	680	1710
Отвердитель $\text{NH}_4\text{Cl}$	20	10	30
Факкор	370	—	370
ДЦДА	90	—	90

зультаты обрабатывали методом вариационной статистики.

Промышленная технология ОДСтП должна базироваться на применении антипирена фактор ДЦПА в количестве 10—12% (по массе). Рецептура для получения трудногорючих плит марки ОДСтП-ТП в расчете на 1000 м<sup>2</sup> площадью 700 кг/м<sup>2</sup>, толщиной 18 мм приведена (табл. 3) для наружных слоев, доля которых составляет 20 и 20%, а для внутреннего слоя — 60%.

Исследованы пожароопасные характеристики ОДСтП, изготовленные по данной рецептуре. Оценка горючести по стандарту СЭВ (табл. 4) показала,

Таблица 4

Пожароопасные характеристики ОДСтП	Показатель для	
	ОДСтП-ТП	ОДСтП
Температура дымовых газов, °С	120/125	320/360
Время самостоятельного горения, с	6/0	162/210
Степень поврежденности, %:		
по длине	42/15	80/85
по массе	3/3	30/35

Примечание. Перед чертой — среднее значение, за чертой — максимальное.

что материал относится к группе трудногорюемых. Дымобразование в условиях горения, по данным Ленинградского филиала ВНИИПО, благодаря огнезащите понижается, и материал классифицируется как с умеренной дымообразующей способностью. Неогнезащищенные плиты относятся к категории высокой дымообразующей способности.

В условиях горения материал ОДСтП-ТП выделяет как следствие неполного горения несколько больше оксида углерода, для чего потребовалось ужесточить условия испытаний.

Особенность производства ОДСтП-ТП состоит в том, что в технологическую линию дополнительно монтируется узел осмоления и введения антипирена. Дозатор антипирена обложиван с ленточным конвейером, подающим стружку на осмоление. Часть рабочего раствора смолы подает на частички антипирена, соизмеримые с размерами мелкой фракции древесных отходов, так называемой пыли. Этим обусловлен повышенный расход связующего на наружные слои ОДСтП. Его дополнительно увеличивают, чтобы компенсировать снижение прочности материала из-за присутствия антипирена. Остальные параметры производственного процесса сохраняются без изменений.

В случае если надо перейти на стандартную продукцию, подачу антипирена прекращают, отключая автономный привод дозатора, и устанавливают соответствующий расход связующего КФ-МТ.

Огнезащита ОДСтП-ТП по рассмотренной технологии увеличивает их стоимость по сравнению со стоимостью стандартных древесно-стружечных плит на 31 р/м<sup>2</sup>, или на 26%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонвич А. А. Теория и практика изготовления огнезащитных древесных плит. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1978.
2. Леонова А. А. Новое в склеивании горючих древесных и древесно-плитных материалов. — М.: ВНИИПИИДиспром, 1989.

## Новое поколение водно-дисперсионных клеящих мастик дивитекс строительного назначения

В последнее время достигнуты успехи в разработке новых водно-дисперсионных клеящих мастик. В СССР и за рубежом отработаны десятки различных латексов, накоплены экспериментальные данные о технологии и свойствах составов. Новизна и широта исследований позволяют говорить о создании перспективного направления в развитии клеящих мастик на основе водных дисперсий полимеров (латексов).

Изменяя тип водной дисперсии, количество последнего в композиции, применяя различные добавки, можно широко регулировать технологические свойства клевого состава и эксплуатационные характеристики материала.

Для производства клеив без растворителей за рубежом в основном используют поливинилацетатные дисперсии и сополимеры на их основе, дисперсии сополимера винилхлорида с винилиденхлоридом, дисперсии на основе сложных эфиров акриловой кислоты (акриловые дисперсии), а также различные виды латексов (бутадиенстирольный, хлоропреновый, бутадиенкарбоксилатный, хлоропренакрилонитрильный).

В качестве наполнителей используют мел, каолин, известняковую и кварцевую муку, тальк и другие материалы. Введение в клеящий состав целевых и технологических добавок позволяет получить композицию с заданными свойствами.

Строящиеся в стране производства клеящих мастик должны выпускать составы взамен устаревшего синтетлакса. Кроме того, следует учитывать, что в текущей пилатке также не будет отечественного сырья для получения водно-дисперсионного клея типа КДС-2. С учетом того, что до 1990 г. и далее предусматривается дополнительный ввод мощностей по производству линолеума, вопрос уменьшения полимерности клеящих мастик становится наиболее острым, так как развитие сырьевой базы для дополнительного изготовления клеящих мастик пока остается проблематичным. В связи с этим задача заключается в разработке водно-дисперсионных клеящих мастик с уменьшенным (на 20—30% по массе) содержанием полимера и с повышенной морозостойкостью. Последнее обстоятельство очень важно, так как позволит перевозить и хранить продукты при отрицательных температурах.

Отечественная промышленность для получения клеевых композиций (синтетлакса, гумилакса, бетилакса) в качестве основного полимерного сырья использует дивинилстирольный латекс СКС-65ГП (ГОСТ 10564—75), производство кото-

рого, по данным Гипрокаучука, к 1990 г. составит 100 тыс. т.

Известно, что дивинилстирольный латекс является слабополярным полимером [1] и для достижения необходимой прочности клевого соединения в применяемых композициях дивинилстирольного латекса должно быть не менее 65—70% по массе (синтетлакса — 67,2%, гумилакса — 70%).

В последние годы для снижения содержания латекса в композиции, придания ей необходимой вязкости, клейкости (липкости), а также для повышения физико-механических показателей клевого соединения проводится работа по модификации свойств латекса путем введения в него олигомеров с функциональными группами [2]. Образец олигомера КБФ такого рода (ТУ 223 ЭССР 79—85) получен из НИИ пластических масс. Предполагалось, что наличие в терморезактивном связующем (олигомере) звеньев, содержащих ароматические и гетероароматические циклы, приведет к повышению эксплуатационных свойств материала, а наличие в молекуле фенольной группы вызовет пластификацию системы и позволит улучшить технологические свойства композиции.

Олигомер был опробован в качестве модифицирующей добавки к дивинилстирольному латексу СКС-65ГП. Содержащие добавки изменяли от 1 до 50% по массе по отношению к латексу. Анализ влияния количества терморезактивного связующего на прочностные свойства латексной пленки показал, что оптимальное содержание олигомера составляет 2% по отношению к латексу (предел прочности при разрыве составляет 5,3 вместо 2 МПа для чистой латексной пленки).

В соответствии с полученными данными дальнейшие испытания проводили на наполненных композициях, содержащих 2% олигомера (по отношению к латексу). Затем этот состав был дополнительно проверен по основным технологическим и физико-механическим свойствам. Эксплуатационные свойства латексных клеящих мастик приведены в табл. 1.

Данные таблицы показывают, что лабораторные образцы, выполненные на основе дивинилстирольного латекса СКС-65ГП и модифицированные олигомером, являются технологичными (вязкость 1,3—3 Па·с), имеют более высокую прочность клевого соединения за 24 ч (0,8—0,88 МПа) по сравнению с промышленными образцами клея синтетлакса (соответственно данные Олеского дипломного завода — 0,34 МПа и Хлюпинского завода «Стройполи-

мер» — 0,3 МПа). Прочность склеивания в течение 28 сут увеличивается до 0,86—0,93 МПа.

Таким образом, испытания показали, что модификация латекса олигомером позволяет сократить расход латекса в клеевой композиции по сравнению с его содержанием в промышленно выпускаемом синтетелаксе на 22% при одновременном улучшении технологических характеристик (снижение вязкости с 23—66 до 2,3—3 Па·с) и прочностных показателей: увеличение прочности с 0,31—0,34 до 0,8—0,88 МПа через 1 сут.

Выводы, сделанные на основе лабораторных исследований, были подтверждены с выпуском опытных партий клея дивитекс марки Б на Ирпенском комбинате «Прогресс» и экспериментальном заводе Мосместпрома.

Результаты испытаний, проведенных центральной заводской лабораторией комбината «Прогресс» по ТУ 21-29-27-74, приведены в табл. 2. Для сравнения показаны результаты испытаний клеящей мастики гумилакс, выпускаемой комбинатом.

Аналогичные испытания проведены на экспериментальном заводе Мосместпрома по ТУ 6-15-1090-77, выпускающем клей бустилак (табл. 3).

Клей опытных партий был применен в строительном тресте (в Москве) Минмонтажспецстрой СССР. Анализ качества приклейки показал достаточную прочность склеивания.

Другое направление работы — создание лигносульфонатной клеевой композиции с уменьшенным содержанием полимера. Лигносulfонаты (ОСТ 13-183-83) представляют собой производственные отходы целлюлозно-бумажной промышленности, образуются при получении целлюлозы по сульфатному способу [3]. Главной реакционноспособной группой лигносульфонатов являются боковые пропановые цепи. Лигносulfонаты обладают клеящими свойствами и используются в ряде отраслей народного хозяйства. Как показала практика, лигносульфонаты совмещаются с дивинилстирольным латексом и не вызывают коагуляцию твердого вещества каучука.

Установлено, что оптимальное содержание лигносульфоната составляет 30% по массе по отношению к латексу (предел прочности при разрыве составляет 3,85 МПа вместо 2 МПа для чистой латексной пленки).

На основании выбранной системы была изготовлена клеящая мастика. Основные ее свойства представлены в табл. 4.

Введение в латексную композицию лигносульфоната позволило дополнительно сократить количество латекса в водно-дисперсионном клее — до 32% и сохранить высокие прочностные характеристики — 0,79 МПа.

Освоение производства этого вида клея — дивитекса марки А — предполагается на Киевском комбинате «Стройиндустрия».

Велись исследования и в третьем направлении — это повышение морозостойкости водных дисперсионных клеев в период их транспортировки и хранения при отрицательной температуре.

Работы проводили в два этапа; исследовали морозостойкость латек-

Образец	Вязкость, Па·с, через			Плотность, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности при отрыве МПа, через, сут			
	исх.	1 мес	3 мес		1	3	14	28
№ 1	2,3	3	5	1,3	0,8	0,93	1,07	0,87
№ 2	3	3,5	4	1,42	0,8	1	0,73	0,80
№ 3	1,3	—	1	1,35	0,88	0,97	0,92	0,93
Синтетелакс Одесского латекс-уточного завода «Большевик»	23	—	—	—	0,34	0,53	0,65	0,57
Синтетелакс Хлюпинского завода «Стройполимер»	66	—	—	—	0,31	0,47	0,53	0,59

Клеящий состав	Вязкость, Па·с	Предел прочности при отрыве МПа, через 24 ч
Водно-дисперсионный клей (опытный образец)	2,4—2,9	0,4
Мастика гумилакс	31	0,16

Клеящий состав	Вязкость, Па·с	Предел прочности при отрыве, МПа
Водно-дисперсионный клей (опытный партия)	Б	0,78—0,8
Бустилак	В	0,35—0,37

Номер образца	Вязкость, Па·с			Плотность, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности при отрыве, МПа, через, сут			
	Исх.	Через 1 мес	Через 3 мес		3	14	28	
4	0,8—1	1,2	3,2	1,51	0,79	0,81	0,85	0,97

сов с различным содержанием олигомера;

определили морозостойкость клеевой композиции с оптимальным содержанием олигомера (дивитекс М).

Известно, что с применением смолы КБФ в битумно-латексных (СКС-65ГП) композициях повышается морозостойкость последних [4]. Оптимальное содержание олигомера КБФ в системе подбирали на бинарных моделях латекс-олигомер. Было установлено, что существенное увеличение морозостойкости (образцы выдерживали 5 циклов попеременного замораживания при температуре -20°C и оттаивания при температуре +20°C) достигается при содержании 30% по массе олигомера. Сравнительные свойства морозостойких мастик представлены в табл. 5.

Приведенные в таблице данные свидетельствуют, что введение в латекс 30% олигомера позволяет получить водно-дисперсионный клей повышенной морозостойкости — выдерживает 5 циклов попеременного замораживания и оттаивания. При этом прочность клеевой композиции мало изменяется по сравнению с прочностью исходного образца (0,4 против 0,42 МПа). Вязкость увеличивается до 8 МПа·с при сохранении технологичности нанесения клея.

Результатом проведенных исследований явилась разработка водно-дисперсионных клеящих мастик дивитекс нового поколения, характеризующихся

уменьшенным содержанием полимера: марки А — с использованием технического лигносульфоната; марка Б — водорастворимого полимера и повышенной морозостойкостью дивитекс — М.

Отработаны технологические параметры изготовления клеящих мастик, выпущены опытные партии материала и применены на строительных объектах.

Определены основные эксплуатационные свойства клеевых соединений. Разработаны технические условия на опытные партии мастики дивитекс, типовой технологической регламент, обоснованные эффективности производства этих мастик и составлены лимитные цены.

На клеящую мастику дивитекс получены: свидетельство на товарный знак Госкомитета СССР по изобретениям и

Номер образца	Вязкость, Па·с	Предел прочности при отрыве, МПа, через, сут				Морозостойкость, циклы
		1	3	14	28	
Б	2,6	0,42	0,56	0,7	0,61	5
		0,4	0,46	0,6	0,6	

Примечание. Над чертой — данные испытаний мастик до воздействия отрицательных температур, под чертой — после пяти циклов попеременного замораживания при температуре -20°C и оттаивания при +20°C.

открытия, авторское свидетельство [5], а также положительное решение Государственной научно-технической экспертизы на заявку (дизинтекс марки В). Экономический эффект при производстве мастики дезинтекс может составить до 50 р. на 1 т по сравнению с изготовлением мастики синтелакс. При этом клеящая способность первой в два раза выше.

Водно-дисперсионный клей дезинтекс был представлен на международных выставках «Конеко-87» и «Конеко-89» в

СССР. Он экспонировался на Всесоюзной выставке «Развитие жилищного, культурно-бытового строительства в СССР» в 1988 г. и в павильоне «Строительные материалы» объединенных павильонов «Строительство» на ВДНХ СССР.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клей на основе латексов. Тематический обзор. Серия «Производство разнотехнических и асбестотехнических изделий». — ЦНИИТЭхим. — М., 1984. — № 3.

2. Синтетические и искусственные латексы. Получение и модификация. — Тезисы докладов Всесоюзной латексной конференции. — ЦНИИТЭхим. — М., 1982.
3. Чудак М. И. Промышленное использование латекса. — Изд. 2-е, аспр. и доп. — М.: Лесная промышленность, 1978.
4. А. с. 667670 СССР М. Кл. С09 D 3/24 C08Z 05/00 Витумно-полимерная композиция для покрытий // В. П. Дятлова, О. П. Ближкова, Н. В. Поцалуева и др.
5. А. с. 1481247 СССР. МКИ С09 I 3/12 Клеящая композиция // В. И. Даркина, А. А. Колодкин, Т. В. Крылова, Л. Ф. Матушкин // Открытия. Изобретения. — 1989. — № 19.

УДК 661.215.53/34

Г. И. ТАРАСОВА, канд. хим. наук, И. Е. ИЛЫЧЕВ, канд. хим. наук, С. К. ПАУС, инж. (Валгорский технологический ин-т строительных материалов им. И. А. Гришманова)

## Сухая побелка и безолифная шпаклевка

В последние годы в строительстве при отделке зданий и сооружений и в быту при ремонте квартир находят применение клеевая побелка, представляющая собой порошкообразную смесь молотого мела с клеем и антисептиком [1—2], а также безолифные шпаклевки, основное достоинство которых — это возможность при их получении отказаться от использования дефицитной олифы, вырабатываемой из пищевого сырья [3].

Недостатками тех и других составов являются: во-первых, потребность в дорогостоящих и остродефицитных связующих — казеиновом клее, крахмале и карбоксиметилцеллюлозе (КМЦ); во-вторых, невысокая адгезия к окрашиваемым поверхностям, низкая водостойкость.

Авторами разработаны новые составы сухой безолифной шпаклевки [4] и сухой побелки на основе природного мела. В качестве связующего используют коллоидно-водорастворимые при нагревании до 90°C отходы производства капролактама.

Отходы — кубовые остатки дистилляции капролактама (КОДК) — представляют собой олигомеры с молекулярной массой 200—2000 у. е. При обычных условиях — это воскообразное вещество плотностью 1362 кг/м<sup>3</sup>, температура размягчения 85—95°C, цвет охристый. При нагревании в воде до 85—90°C и перемешивании КОДК образуют коллоидный раствор, проявляющий связующее действие по отношению к мелу.

Побелку готовили следующим образом. Мел и КОДК смешивали (соотношения материалов указаны в табл. 1) и размалывали в шаровой мельнице до получения остатка на сите с сеткой № 01 (ГОСТ 3924—84) не более 6%. В качестве оптического отбеливателя, а также антисептика добавляли медный купорос от 0,03 до 0,5% массы мела. Чтобы приготовить рабочую суспензию, сухую смесь затворяют горячей водой (85—90°C) и перемешивают до образования однородной массы.

Технологичность побелки, латексной методом распыления, определяется ре-

Таблица 1

Компонент побелки	Содержание компонента, % для состава			
	1	2	3	4
Мел молотый	97	95	93	90
КОДК	3	5	7	10

Примечание. В составы вводили CuSO<sub>4</sub> — 0,05% суммарной массы компонентов.

Таблица 2

№ состава побелки	Свойства побелки					
	Белознв, %	Адгезия к оштукатуренным поверхностям, кг/см <sup>2</sup>	Пластическая вязкость, ч, гд, Па·с	Динамическое напряжение сдвига, % Па	Водостойкость, ч	Ударопрочность, МДж/м <sup>2</sup>
1	83,5	2,05	4,075	29,5	620	55
2	91,6	2,2	4,13	23	680	62
3	89,6	4,2	4,105	19,2	875	65,5
4	85	6,6	4,27	19,4	710	67,5

Таблица 3

№ состава	Содержание компонентов, %		Свойства шпаклевки			
	Мел молотый	Отходы	Адгезия, кг/см <sup>2</sup>	Водостойкость, ч	Жизнеспособность, сут	Ударопрочность, МДж/м <sup>2</sup>
1	95	5	3,9	4	20	50
2	92	8	4,2	10	30	55
3	85	15	6,6	12	90	62
4	82	18	6,6	15	80	66
5	80	20	9,4	17	360	75
6	80	20	9,6	20	360	78
7	76	24	10,2	21,5	360	79

ологическими характеристиками, динамическим напряжением сдвига τ и пластической вязкостью η<sub>пл</sub>. Реологические свойства побелок определяли на вискозиметре ВСН-3. Составы и свойства побелок представлены в табл. 1 и 2.

С увеличением содержания КОДК повышается адгезия побелки, однако при этом уменьшается ее белознв, поэтому оптимальным является содержание добавки из отходов 5—7%.

Пластическая вязкость суспензий побелки в воде изменяется незначительно — от 4,08 до 4,27 Па·с при увеличении содержания КОДК от 3 до 10%. Более заметно снижается предельное динамическое напряжение сдвига — с 29,5 до 19,4 Па (см. табл. 2).

Таким образом, КОДК выступает в роли слабого диспергатора по отношению к агрегатам меловых частиц в расплавленном состоянии (при температуре 80—90°C) и вяжущего при обычной температуре.

Чтобы получить окрашенную поверхность в побелку, нужно вводить водорастворимые красители и пигменты.

Безолифная шпаклевка отличается от описанных выше безолифных составов повышенным содержанием КОДК. Составы и свойства безолифной шпаклевки приведены в табл. 3.

На основе анализа данных табл. 3 сделан вывод, что оптимальным составом является следует считать те, которые содержат 17—20% КОДК.

Составы сухой побелки и безолифной шпаклевки испытаны в производственных условиях. Они показали высокую технологичность в применении и устойчивость после нанесения на поверхности бетонные, деревянные, оштукатуренные.

Выполненные в Белгородской области исследования показали, что токсичные вещества отсутствуют как в составах побелок и шпаклевок, так и в воздухе помещений, в которых выполнялись строительные работы с их применением.

Предлагаемые составы эффективны в производстве внутренних отделочных строительных работ в промышленных, гражданских и сельскохозяйственных зданиях и сооружениях. По сравнению с применением известных отделочных составов использование побелки позволяет снизить себестоимость отделочных работ на 27%, а шпаклевочных составов — на 46%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТУ 458-1-14-79 «Клеящая побелка».
2. ТУ 458-1-14-84 «Клеящая побелка».
3. Завражик Н. Н. и др. Производство отделочных работ в строительстве. — М.: Стройиздат, 1987.
4. А. с. № 1657386 (СССР) // Г. И. Тарасова, И. Е. Ильичев, С. К. Паус (СССР). Способ приготовления шпаклевок // Открытия. Изобретения. — 1987. — № 45.

УДК 622.234.014.3:687.01.004.11

П. Н. ШЕРБАКОВ, инж. (Днепропетровский горный институт)

## Электронно-вычислительная система контроля загрузки автосамосвалов

Применение автосамосвалов большой грузоподъемности на открытых разработках месторождений полезных ископаемых усложняет выполнение контроля и учета массы транспортируемых грузов. Это объясняется значительными капитальными затратами на сооружение взвешивающих установок, концентрацией грузопотоков на одном пункте, снижением скорости или остановкой автосамосвала в момент взвешивания и невозможностью осуществлять контроль загрузки автосамосвала со стороны машиниста экскаватора.

В Днепропетровском горном институте разработана электронно-вычислительная система, позволяющая оперативно получать информацию о массе горных пород непосредственно при их погрузке в кузов автосамосвала. Контроль процесса погрузки выполняется как водителем автосамосвала, так и машинистом экскаватора.

Структурная схема системы представлена на рис. 1. Та ее часть, которая устанавливается в автосамосвале, содержит следующие узлы: преобразователь массы груза в электрический сигнал  $D$ , генератор информационных импульсов  $ГИ$ , управляемый элементом сравнения  $ЭС$ , цифроаналоговый преобразователь  $ЦАП$ , счетчик импульсов  $СИ_1$ .

При поступлении электрического сигнала с датчика  $D$  на один из входов  $ЭС$  с уровнем напряжения, превышающим уровень напряжения, поступающего на второй вход  $ЭС$  с  $ЦАП$ ,  $ЭС$  разрешает работу  $ГИ$  и его импульсы поступают на счетчик импульсов и на вход  $ЦАП$ . Выходное напряжение последнего начинает возрастать пропорционально количеству входных импульсов, пока не превысит уровень напряжения, поступающего с датчика. По

этому условию элемент сравнения  $ЭС$  запретит работу генератору информационных импульсов  $ГИ$ .

Если же выходное напряжение датчика вновь увеличится,  $ЭС$  снова разрешит работу  $ГИ$ , что повлечет за собой увеличение выходного напряжения  $ЦАП$ . Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока выходное напряжение датчика будет возрастать, причем значения не имеет, каким образом оно будет возрастать, плавно или скачкообразно, т. е. можно осуществлять взвешивание горных пород, погружаемых в кузов автосамосвала экскаваторами циклического действия.

Многочисленные исследования и обобщения литературных источников и данных промышленных экспериментов показали целесообразность применения в качестве первичных преобразователей массы груза в электрический сигнал бесконтактных датчиков углового перемещения поддресорной части автомобиля относительно неподдресорной при его загрузке.

Продольные штанги, воспринимающие продольные нагрузки, воспроизводят линейное перемещение поршней цилиндров в угловом выражении. Зависимость перемещения поршня и угла штанги относительно плоскости рамы или платформы характеризуется выражением

$$h = l \sin \alpha,$$

где  $h$  — перемещение поршня, мм;  $l$  — длина штанги, мм;  $\alpha$  — угол перемещения штанги, град.

Наиболее простым и надежным преобразователем углового перемещения является электрическая машина, выходное напряжение которой также описывается синусоидальной зависимостью в функции угла поворота ее ротора. При этом ротора такой микромашинки должна служить продольная штанга автосамосвала, тогда выходной сигнал будет линейной величиной относительно ее углового перемещения. В связи с этим в качестве преобразователя массы груза в электрический сигнал для данной системы принят сельсин, включенный в трансформаторном режиме. Как известно, выходное напряжение сельсина также описывается синусоидальной зависимостью

$$u = u_0 \sin \alpha,$$

где  $u_0$  — напряжение источника питания статора;  $\alpha$  — угол поворота ротора, град.;  $u$  — выходное напряжение.

Получение первичной информации с помощью сельсина отличается следующими преимуществами: просто решается вопрос его установки на автоса-

мосвале (не требуется больших трудозатрат для изготовления специальных крепежных элементов); широкий выбор среди большого количества различных типов, классов точности и конструктивного исполнения; нет необходимости в разработке устройств суммирования выходных сигналов, так как это достигается последовательным включением выходных роторных обмоток; мощность выходных сигналов, как правило, достаточна для дальнейшей обработки средствами электроники даже у самых малогабаритных и, следовательно, маломощных сельсинов.

Из большого разнообразия серийно выпускаемых промышленностью типов наиболее подходящим для настоящей системы является малогабаритный сельсин класса 1 типа БД 404 А. Требуемая точность при взвешивании будет достигнута, если на автосамосвал устанавливать четыре сельсина, т. е. по одному из измерений перемещений по соответствующим подвеске. Статорные обмотки сельсинов включаются параллельно, роторные — последовательно так, что выходное напряжение всех датчиков суммируется. После выпрямления и сглаживания пульсаций это напряжение поступает на вход электронных преобразователей по заданному алгоритму.

Сложность взвешивания состоит в том, что первоначальная информация о перемещении загружаемого кузова, получаемая с помощью сельсинов, может стать источником существенной погрешности. Это объясняется тем, что, во-первых, выходная характеристика пневмогидроцилиндров существенно нелинейна, во-вторых, пневмогидроцилиндры не сохраняют ее неизменной, так как происходят утечки газа и масла из их полостей. Кроме того, дополнительная погрешность будет возникать из-за неравномерной загрузки платформы автосамосвала, из-за уклона погрузочной площадки и др.

Влияние всех указанных факторов исключается в системе тем, что сначала замонтируется первоначальный уровень сигнала датчика (непосредственно перед загрузкой автосамосвала), а затем вычитается из конечного уровня сигнала (после загрузки). Система также учитывает нелинейность чувствительного элемента. Этим обеспечивается однозначное соответствие между уровнем электрического сигнала и массой груза, находящегося в кузове автосамосвала. Функциональная схема разработанной системы представлена на рис. 2. Счетные импульсы с выхода генератора импульсов  $ГИ$  поступают на счетчик импульсов  $С_1$  через

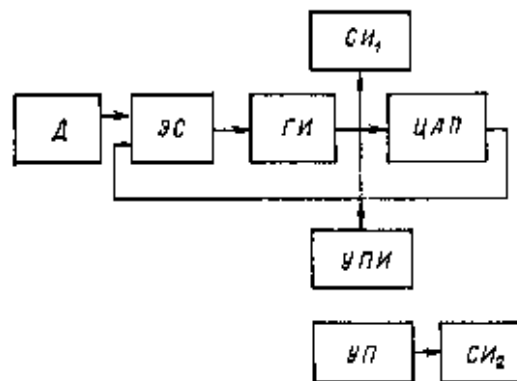
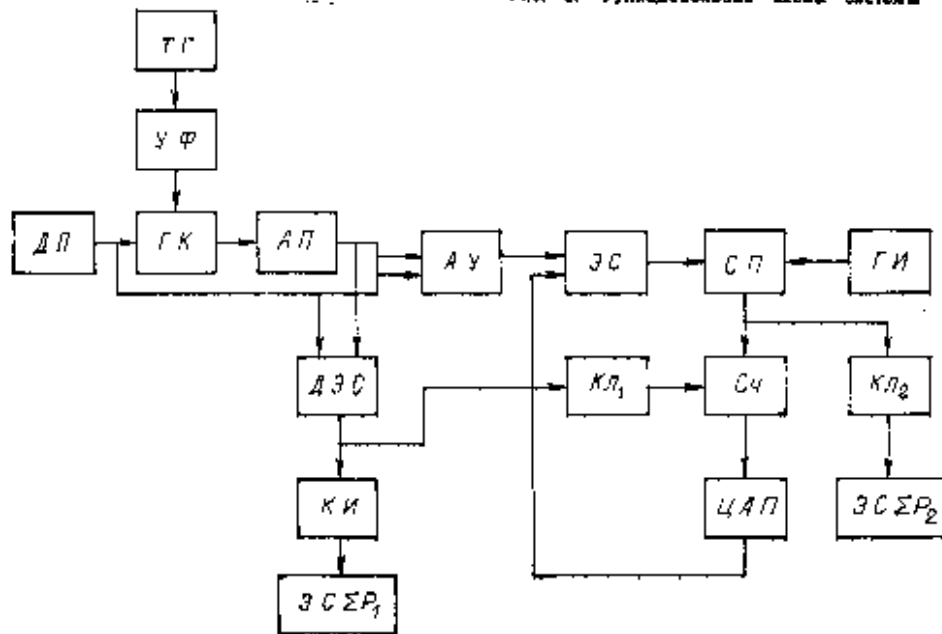


Рис. 1. Структурная схема системы

Рис. 2. Функциональная схема системы



схему совпадений  $Сл$ . Разрешающий или запрещающий импульс на эту схему поступает с выхода элемента сравнения ЭС, сравнивающего между собой выходные напряжения цифрового преобразователя ЦАП и арифметического устройства АУ.

Элемент сравнения ЭС запрещает поступление импульсов через схему  $Сл$  в том случае, когда выходное напряжение АУ меньше выходного напряжения ЦАП. АУ предназначено для аналогового вычитания напряжения, поступающего с выхода устройства аналоговой памяти АП, из напряжения, поступающего с выхода датчиков углового перемещения ДП. Вход устройства АП непрерывно подключен к выходу ДП через герметический контакт ГК только во время движения автомобиля. Управление ГК напряжением, поступающим с тахогенератора ТГ. Формирование управляющего сигнала осуществляется устройством УФ.

При остановке автомобиля ГК отключает вход АП от источника, измеряемого датчиком сигнала. АП запоминает этот сигнал, т. е. хранит значение уровня последнего сигнала, полученного перед остановкой автомобиля. АУ выполняет аналоговые вычисления данного уровня из сигнала, поступающего непосредственно с выхода датчика.

Таким образом, на выходе АУ в первоначальный момент после остановки автомобиля будет нулевой уровень напряжения независимо от значения уровня напряжения на выходе датчиков перед остановкой. Этим обеспечивается исключение веса тары автомобиля и задается начальный «нулевой» уровень отсчета при изменении значения начального давления газа в полостях пневмоцилиндров. В значительной степени снижается также погрешность измерения за счет возможных уклонов погрузочной площадки.

При загрузке автомобиля выходное напряжение АУ будет возрастать от этого нулевого уровня. Так на выходе ЦАП при этом уровень сигнала был также нулевой, то ЭС разрешит по-

ступление импульсов на счетчик через схему  $Сл$ .

С увеличением числа импульсов, подсчитываемого и индицируемого счетчиком, будет возрастать выходное напряжение ЦАП. При сравнении этого напряжения с напряжением на выходе АУ ЭС запретит дальнейшее поступление импульсов на счетчик.

Таким образом, на счетчике будет индицироваться число, пропорциональное уровню напряжения на выходе АУ, т. е. пропорциональное выходному напряжению датчиков, изменившемуся после остановки автомобиля в зависимости от массы груза, погруженного в его кузов.

Для подсчета числа грузовых рейсов автомобиля предложено использовать электромагнитный счетчик импульсов ЭСЭР<sub>1</sub>. Управление его работой осуществляется по следующему алгоритму. После остановки автомобиля на разгрузку уровня сигналов, поступающих с выхода ДП и АП на вход второго элемента сравнения ДЭС, одинаковый и ключ управления ЭСЭР<sub>1</sub> закрыт.

После разгрузки уровень напряжения на выходе ДП снижается до исходного значения, а на выходе АП вследствие того, что ГК разомкнут, сохранится прежним. ДЭС при этом переключится в состояние, при котором ключ КИ подключит обмотку ЭСЭР<sub>1</sub> к источнику напряжения его питания, якорь счетчика провернет счетный барабан первого десятичного разряда на 0,5 оборота.

С началом движения автомобиля ГК подключит вход АП к выходу ДП и на выходе АП напряжение сравнится с напряжением ДП. ДЭС при этом переключится в исходное состояние, КИ обесточит обмотку ЭСЭР<sub>1</sub>, и счетный барабан провернется еще на 0,5 оборота. Этим прибавится единица к числу, хранящемуся на счетчике. Таким образом, для занесения на счетчик одного рейса необходимо перед этим выполнить следующие условия: автомобиль должен быть загружен, должен сначала двигаться, а затем остановиться, должен разгрузиться и тро-

нуться с места.

Для установления счетчика  $Сч$  в нулевое состояние предусмотрено управлять ключом сброса в «нуль»  $Кл_1$  с помощью выходного сигнала ДЭС. Такая схема позволяет хранить на счетчике импульсов  $Сч$  информацию в течение всего рейса. Сброс произойдет только после разгрузки автомобиля.

Известно, что контроль загрузки автомобиля со стороны его водителя целесообразно осуществлять во время погрузки и не отвлекать его при движении. В этой связи управляющий сигнал на ключ  $Кл_1$  следует подавать с формирователя УФ. Сброс в «нуль» будет происходить в таком случае всякий раз, когда автомобиль тронется с места.

Обозначенный на функциональной схеме второй электромагнитный счетчик ЭСЭР<sub>2</sub> используется для суммарного накопления массы транспортируемого груза. Управление его обмоткой такое же, как и в ЭСЭР<sub>1</sub>. Импульсы на ключ  $Кл_2$  поступают непосредственно с выхода схемы  $Сл$ .

Для контроля процесса загрузки со стороны машиниста экскаватора применяется счетчик импульсов  $СЧ_2$ , устанавливаемый непосредственно в его кабине. Сообщение на экскаватор информации о массе горных пород, погруженных в кузов автосамосвала, осуществляется при помощи передающего устройства на автомобиле и приемного устройства на экскаваторе УП, выход которого подключен ко входу счетчика  $СЧ_2$ .

Для передачи информации с автосамосвала на экскаватор о процессе погрузки и массе горных пород применена низкочастотная индуктивная связь, исключающая использование средств и каналов радиосвязи.

На вход передатчика поступают информационные импульсы, которые усиливаются по току составным эмиттерным лосторителем, в нагрузку которого включен трансформатор. Выходная обмотка трансформатора нагружена на проволочную петлю, охватывающую пространство, внутри которого необходимо обеспечить связь. При протекании импульсов тока по этой петле внутри нее индуктируется электромагнитное поле, быстро затухающее за ее пределами.

Приемник электромагнитного поля представляет собой обычный двухкаскадный низкочастотный усилитель на транзисторах с включением на входе резонансным контуром. Контур настроен на частоту следования счетных импульсов. К выходу приемника подключается счетчик импульсов.

Оперативная информация о массе горных пород в кузове автосамосвала позволяет машинисту экскаватора обеспечивать номинальную его загрузку. Разработанная электронно-вычислительная система может найти широкое применение в АСУ автомобильным транспортом на карьерах.

# Результаты научных исследований

УДК 666.198.001:620.169.1

Ю. П. ГОРЛОВ, д-р техн. наук (МИСИ им. В. В. Куйбышева), Г. С. РАЕВСКАЯ, канд. техн. наук, Р. В. ВАГАПОВА, канд. техн. наук (ВНИПИТеплопроект), А. А. УСТЕНКО, канд. техн. наук (ВНИИЗСМ)

## К вопросу прогнозирования срока службы кристаллизующихся минеральных волокон

Минераловатные изделия являются эффективным теплоизоляционным материалом, однако, область их применения ограничивается температуростойкостью минеральных волокон до 700°C. С целью создания новой минераловатной изоляции с температурой применения 700—1000°C разработана технология получения кристаллизующихся минеральных волокон, которая предусматривает термообработку минераловатного ковра методом термоудара при температуре 700°C. В качестве сырьевых материалов для получения таких волокон использовались горные породы группы габбро-базальтов и корректирующие добавки в виде доломита, магнетита и марганцевого шлама [1].

Путем рентгенофазовых и микроскопических исследований установлено, что в интервале температур 700—1000°C в предварительно термообработанных волокнах кристаллизуется шпинельно-пироксеновая фаза. Кристаллизация волокон начинается с поверхности и при этом образуется равномерная мелкозернистая структура.

В процессе кристаллизации меняются многие свойства волокон, следовательно, фиксируя изменение этих свойств, можно составить представление о степени воздействия на них протекающего процесса кристаллизации. Одним из свойств-индикаторов процесса кристаллизации является прочность [2].

В результате проведенных исследований установлено, что разрушение волокон, не прошедших предварительную термообработку, начинается после 700°C вследствие неравномерной кристаллизации и при 1000°C волокна сохраняют всего лишь 30% прочности. Волокна же, подвергнутые предварительной термообработке, в процессе которой образуется большое число центров кристаллизации и создаются условия для равномерной мелкозернистой кристаллизации, сохраняют 60% первоначальной прочности вплоть до 1000°C. Эти результаты подтверждают целесообразность предварительной термообработки минеральных волокон для улучшения их прочностных характеристик.

Отличительной особенностью кристаллизующихся минеральных волокон является то, что выделение основной кристаллической фазы на базе образовавшихся в процессе термообработки центров кристаллизации происходит непосредственно при эксплуатации минераловатных изделий. В связи с этим особый интерес представляет изучение кинетики роста кристаллов во времени, поскольку размеры кристаллических зерен в первую очередь отражаются на прочности волокон.

На Устьинском заводе теплоизоляционных изделий в промышленных условиях (в ванной печи с площадью зеркала расплава — 48 м<sup>2</sup>) была выпущена опытная партия прошивных матов на основе кристаллизующихся минеральных волокон из шихты состава, %: габбро-диабаз — 75, доломит — 25. Оксидный состав волокон, %: SiO<sub>2</sub> — 41,38; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 12,24; TiO<sub>2</sub> — 1,32; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 4,97; FeO — 0,53; MnO — 0,14; CaO — 17,61; MgO — 9,32; Na<sub>2</sub>O — 2,11; K<sub>2</sub>O — 0,68; SO<sub>3</sub> — 0,7. Часть этой партии была подвергнута предварительной термообработке.

Для проведения долговременных испытаний образец прошивного мата был установлен в смотровое окно регенератора ванной печи с подковообразным направлением пламени. Перезидка факела осуществлялась через 30 мин, при этом температура отходящих газов колебалась в пределах 700—1000°C. Таким образом, образец подвергался многократной циклической температурной нагрузке: в течение 30 мин нагревался от 700 до 1000°C, а в следующие 30 мин охлаждался от 1000 до 700°C. Термометры для измерения температуры отходящих газов были расположены непосредственно под смотровым окном регенератора.

После проведения испытаний в течение 4 мес волокна были исследованы с помощью электронного микроскопа (рис. 1). Для сравнения были также исследованы волокна этой же опытной партии, но обработанные при 1000°C в течение 1 сут в лабораторных условиях. При этом установлено, что в обо-



Рис. 1. Микроструктура кристаллических волокон после 4 мес эксплуатации при температуре 1100°C в промышленных условиях. Ум. X1000

их случаях волокна имеют одинаковую мелкокристаллическую структуру и кристаллические зерна равномерно распределены в остаточной стеклофазе, которая скрепляет их между собой и препятствует росту крупных кристаллов, т. е. структура волокон стабилизируется. Постоянство структуры волокон можно объяснить с помощью теории теплопроводности и учения о физико-химическом равновесии.

Поскольку процесс кристаллизации является экзотермическим процессом, то на скорость роста кристаллов значительно влияет скорость отвода тепла кристаллизации от поверхности раздела фаз. Если теплота кристаллизации увеличивает температуру поверхности раздела фаз, то скорость роста кристаллов снижается [2].

Если учесть, что теплопроводность отдельного волокна намного выше теплопроводности воздушных прослоек, которыми окружены волокна в волоконистой массе [3], то становится очевидным, что при длительном воздействии высоких температур отвод тепла от поверхности раздела фаз затруднен, следовательно, замедляется и скорость роста кристаллов. Вместе с тем, по этой же причине при воздействии высоких температур тепловые потоки концентрируются в середине волокон, при этом увеличиваются тепловые колебания и скорость диффузии молекул к поверхности волокна, где и начинается наиболее активный рост кристаллов.

Проведенные исследования позволили установить, что кристаллизация волокон действительно начинается с поверхности.

Поскольку скорость роста кристаллов, как отмечалось выше, обуславливается скоростью отвода тепла кристаллизации от поверхности раздела фаз, то по мере роста кристаллов скорость отвода тепла кристаллизации замедляется вследствие более высокой теплопроводности кристаллической фазы по сравнению с теплопроводностью стеклообразной фазы [3], а следовательно, замедляется и скорость роста кристаллов, т. е. система стремится к равновесию.

Согласно второму принципу термодинамики при постоянных температуре и давлении равновесное состояние системы наступает при изменении свободной энергии системы  $\Delta Z=0$ . Рост кристаллов и увеличение поверхности раздела фаз сопровождается возрастанием свободной энергии системы вследствие освобождения теплоты кристаллизации, а разделение компонентов стекла в кристаллическую решетку сопровождается уменьшением свободной энергии системы, так как необходимо преодолеть межфазовый энергетический барьер.

Суммарный процесс кристаллизации становится равновесным, когда приращение свободной энергии системы при первом процессе равно убыли свободной энергии системы при втором процессе. При этом кристаллы достигают некоторого предельного для данных условий размера и их рост прекращается [4]. Такое равновесное состояние наступает в течение первых суток службы волокон в минераловатных изделиях при высоких температурах и не нарушается во время длительной эксплуатации (см. рис. 1).

Рентгенофазовый анализ показал

что степень закристаллизованности волокон после 4 мес. эксплуатации не увеличилась по сравнению со степенью закристаллизованности волокон, обработанных при температуре 1000°C в течение 1 сут. На кривой ДТА волокон после 4 мес. эксплуатации экзотермический пик кристаллизации практически отсутствует, что свидетельствует о полной заторможенности процесса кристаллизации [рис. 2].

При эксплуатации кристаллизующихся минеральных волокон в промышленных условиях было установлено, что их прочность уменьшается на 15% в течение первых суток эксплуатации в связи с ростом кристаллов и формированием кристаллической структуры волокон. Это объясняется тем, что предварительной термообработкой достигается лишь образование большого числа центров кристаллизации, а формирование кристаллической структуры волокон происходит непосредственно при эксплуатации изделий из них. В дальнейшем снижение прочности волокон замедляется и за 4 мес. составило всего 3%.

Как показали физико-химические исследования, уменьшение снижения прочности волокон во времени объясняется прекращением роста кристаллов и стабилизацией структуры волокон.

Таким образом, при прогнозировании срока службы кристаллизующихся волокон параметры структурных изменений могут быть исключены, и за основу приняты прочностные показатели.

После термообработки волокон в промышленных условиях их прочность  $\sigma_0$  составила 80%. В процессе эксплуатации минераловатных изделий прочность волокон изменялась следующим образом:

Период эксплуатации $\tau_i$ , мес	1	2	3	4
Прочность волокон $\sigma$ , %	65,6	64,5	63,7	63,1

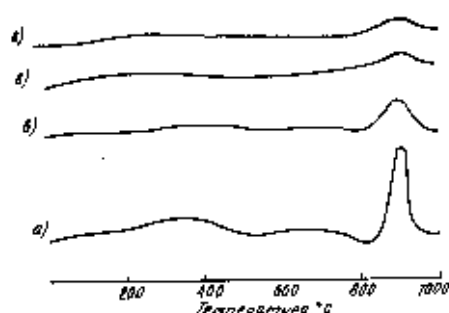


Рис. 2. Кривые ДТА волокон: исходных (а); после термообработки при температуре 700°C; методом термоудара в течение 20 мин (б); после испытания предварительно термообработанных волокон при температуре 1000°C в течение 1 сут (в); после эксплуатации предварительно термообработанных волокон в промышленных условиях при температуре 1000°C в течение 4 мес (г).

Такой характер изменения прочности волокон во времени может быть описан уравнением:

$$\sigma_i = \sigma_{пр} + a e^{-b \tau_i} \quad (1)$$

где  $\sigma_i$  — остаточная прочность волокон в течение периода эксплуатации  $\tau_i$ , %;  $\sigma_{пр}$  — предельно допустимая остаточная прочность волокон, %;  $\tau_i$  — период эксплуатации, мес;  $a$ ,  $b$  — расчетные эмпирические константы, учитывающие характер изменения прочности волокон во времени.

Согласно принятому в данной работе определению температуростойкости  $\sigma_{пр} = 50\%$ .

Из уравнения (1) следует, что при  $e^{-b \tau_i} = 1$   $\sigma_0 = \sigma_{пр} + a$  или  $a = \sigma_0 - \sigma_{пр} = 80 - 50 = 30$ .

Подставляя в уравнение (1)  $a = 80 - \sigma_{пр}$  и преобразуя его, находим выражение для второй константы  $b_i$ :

$$b_i = -\frac{1}{\tau_i} \ln \frac{\sigma_i - \sigma_{пр}}{80 - \sigma_{пр}}$$

По этому уравнению определяем  $b_i$  для каждого периода эксплуатации, и расчетную эмпирическую константу  $b$

находим как среднее арифметическое этих определений. В результате получаем  $b = 0,365$ .

Из уравнения (1) следует, что

$$\tau = \frac{1}{b} \ln \frac{a}{\sigma_i - \sigma_{пр}}$$

При  $\sigma_i = \sigma_{пр} = 0,01$ , поэтому принимаем  $\sigma_i - \sigma_{пр} = 0,01$ , т. е. на порядок меньше определяемого значения прочности.

Прогнозируемый срок службы кристаллизующихся минеральных волокон при температуре 1000°C составит

$$\tau = \frac{1}{0,365} \ln \frac{30}{0,01} = 22 \text{ мес.}$$

Такой срок службы кристаллизующихся минеральных волокон может обеспечить работу футеровок печей без профилактического ремонта, поскольку рабочая кампания многих печей, например вагонных, не превышает 22 мес.

Таким образом, проведенные исследования позволили теоретически и экспериментально доказать возможность использования кристаллизующихся минеральных волокон для изоляции объектов с температурой среды 700—1000°C и способности таких волокон работать в течение длительного времени без разрушений и деформаций.

Себестоимость кристаллизующихся минеральных волокон в три раза меньше себестоимости муллитокремнеземистых волокон, применяемых в настоящее время для изоляции объектов с температурой среды 700—1000°C. Замена последних новыми волокнами в объеме 10 тыс. м<sup>3</sup> позволит сэкономить 375 тыс. р. в 1 год.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. № 1047880 (СССР), МКИ С 03 В 37/00. Способ изготовления жидриволокнистого материала с кристаллической структурой / Р. В. Валянов, Г. С. Раевская (СССР) // Открытия, Изобретения, — № 36, — 1983.
2. Пайдушкин Н. М. Основы технологии силкатов. — М.: Стройиздат, 1970.
3. Горлов Ю. П., Меркин А. П., Усатенко А. А. Технология теплоизоляционных материалов. — М.: Стройиздат, 1980.
4. Алплен А. А. Химия стекла. — Л.: Химия, 1970.

УДК 666.7/8:65.011.4

В. Ф. ЧЕРНЫХ, канд. техн. наук, О. С. ОГУРЦОВА, инж. (Краснодарский политехнический институт), А. В. НЕХОРОШЕВ, д-р техн. наук (Московский институт инженеров землеустройства)

## Реологические свойства цементно-песчаных смесей при повторном перемешивании

В Краснодарском политехническом институте разработана технология облицовочных плит, имитирующих мрамор, из цементно-песчаных смесей.

Особенностью мелкозернистых бетонов (получаемых без крупного заполнителя) является повышенный расход цемента при их изготовлении, а также ухудшение некоторых свойств изделий. Однако с использованием определенных технологических приемов можно полу-

чить долговечные изделия и на основе цементно-песчаных смесей.

Известно, что механические воздействия на бетонные смеси через некоторое время после их затвердения (активация) оказывают положительное влияние на физико-механические свойства затвердевшего бетона [1—3]. Для получения наибольшего эффекта от активации бетонной смеси следует учитывать характер процессов структурооб-

разования при твердении бетона [2, 4].

Разработке и выдаче рекомендаций по определению оптимальных сроков приложения механических воздействий к бетонным смесям посвящено много работ. Однако промышленность нуждается в простых и надежных способах, с достаточной степенью точности определяющих время приложения таких воздействий. Кроме того, основное внимание исследователи уделяли изменению



прочностных характеристик активированного бетона, а реологические свойства, в частности вязкость и пластическая прочность бетонных смесей, изучены недостаточно. Авторами изучены кинетика вязкости цементно-песчаных смесей, выдержанных определенное время и повторно перемешанных, применяемых для изготовления бетонных плит, имитирующих мрамор. Применение повторного вибрирования в данном случае нежелательно, так как тогда нельзя получить заданный четкий рисунок на поверхности изделий.

Были исследованы цементно-песчаные смеси с соотношением между портландцементом и песком от 1:1 до 1:3, причем, водоцементное отношение изменяли таким образом, чтобы подвижность бетонной смеси по ГОСТ 5802-86 находилась в пределах от 1-2 до 5-6 см. Вязкость смесей определяли на шариковом вискозиметре, аналогичном описанному в работе [5] и изготовленном в Краснодарском политехническом институте. При помощи этого прибора, укрепленного на форме 10x10x10 см, определяли скорость погружения на заданную глубину шарика со стержнем при вибрировании смеси ( $N=3000$  кол/мин;  $A=0,15$  мм).

С некоторым приближением можно считать, что в процессе автосадения цементно-песчаная смесь ведет себя, как ньютоновская жидкость. Поэтому вязкость её можно определить по формуле, используя уравнение Стокса:

$$\eta = \frac{P - F_A}{6\pi RV}$$

где  $P$  — сила тяжести шарика;  $F_A$  — выталкивающая сила Архимеда;  $R$  — радиус шарика;  $V$  — скорость перемещения шарика.

Установлено, что вязкость цементно-песчаной смеси не является величиной постоянной. Вязкость жирных смесей заметно снижается во времени (рис. 1, кривые 1 и 2), а затем через 30-45 мин начинается ее быстрое увеличение. При соотношении вяжущего и песка 1:2 характер изменения вязкости несколько другой: в рассматриваемом интервале времени не наблюдается увеличения вязкости по сравнению с ее первоначальными значениями (рис. 1, кривые 3, 4). В случае тощих смесей уменьшение вязкости очень небольшое (рис. 1, кривые 5 и 6).

Уменьшение вязкости во времени можно объяснить процессами гидратации и гидратации, изменением концентрации жидкой фазы и образованием водных оболочек вокруг частиц цемента, что уменьшает трение между ними. С течением времени отдельные зерна цемента через тонкие водные прослойки объединяются в рыхлую пространственную структуру, которую принято называть коагуляционной. Этот процесс сопровождается увеличением вязкости. Чем меньше содержание вяжущего, тем меньшее влияние на вязкость процессов, протекающих на ранней стадии его гидратации.

Вводя повторное перемешивание перед формированием изделий из цементно-песчаных смесей, мы анализировали вязкость смеси. Она уменьшилась практически для всех исследованных составов. Исследование кинетики вязкости

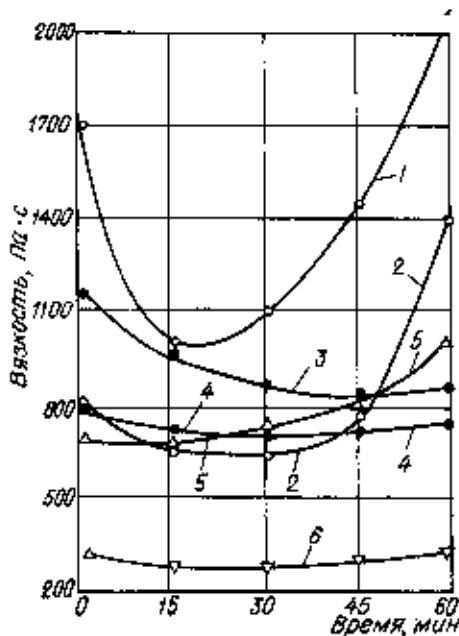


Рис. 1. Влияние времени выдержки цементно-песчаной смеси на ее вязкость при соотношении Ц:П=1:1; 1 — В/Ц=0,4; 2 — В/Ц=0,45; при соотношении Ц:П=1:2; 3 — В/Ц=0,45; 4 — В/Ц=0,5; при соотношении Ц:П=1:3; 5 — В/Ц=0,5; 6 — В/Ц=0,6

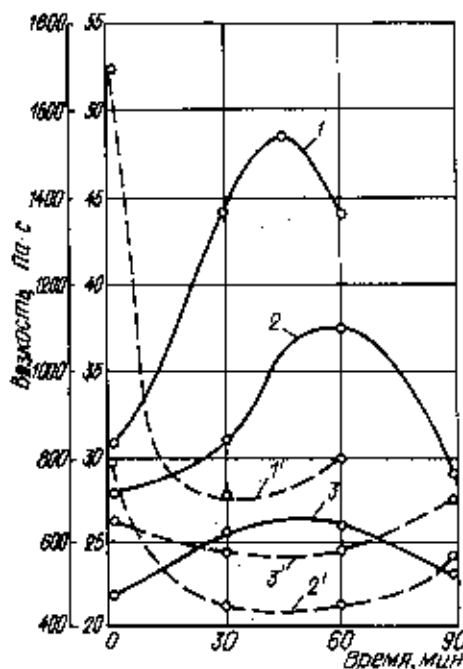


Рис. 2. Влияние времени выдержки цементно-песчаной смеси и повторного перемешивания на ее прочность и вязкость (Ц:П=1:1) 1 — прочность при В/Ц=0,4; 2 — то же, 0,45; 3 — то же, 0,5; вязкость при В/Ц=0,4; 4 — то же, 0,45; 5 — то же, 0,5

цементно-песчаных смесей и прочности затвердевшего камня при повторном перемешивании смеси перед формированием позволило выявить следующие закономерности.

Вязкость жирных смесей уменьшается на 9-60% (рис. 2), причем, более резкое снижение этого показателя наблюдается при выдержке смеси до повторного перемешивания в течение 30-

45 мин. С увеличением водопотребности смеси, когда она становится более подвижной, вязкость ее после повторного перемешивания изменяется в меньшей степени. Такая закономерность наблюдается и при более низких расходах цемента. После выдержки затвердевшей смеси в течение 45 мин и более вязкость увеличивается во всех исследованных составах.

Известно, что на результат процесса гидратации большое влияние оказывает скорость переноса продуктов гидратации, осуществляемого за счет диффузии. Повторное перемешивание облегчает этот процесс. Создаются условия для встречи коллоидных частиц противоположного знака, в результате чего снижается их заряд и ускоряется процесс коагуляции. После виброуплотнения между частями возникают более ориентированные и прочные структурные связи. Некоторое количество «свободной» жидкой фазы переходит в адсорбиционно-связанное состояние.

Сближение гидратированных частиц способствует увеличению плотности и прочности затвердевшего камня вследствие изменения структуры (сжатия) двойного электрического слоя (ДЭС) на границе твердые частицы — вода. Это подтверждается увеличением прочности затвердевшего камня и изделий, полученных на его основе — декоративных плит, имитирующих мрамор.

В наибольшей мере прочность повышается в интервале 30-45 мин от начала гидратации, т. е. когда происходит повторное перемешивание в период, соответствующий наименьшей вязкости смеси.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы: повторное перемешивание цементно-песчаной смеси — это эффективный технологический прием, позволяющий повысить прочностные показатели изделий, имитирующих природный мрамор, при небольших дополнительных энергетических затратах;

оптимальное время выдержки смеси перед повторным перемешиванием соответствует периоду, когда вязкость смеси, определяемая на вибровискозиметре, принимает минимальные значения;

чем больше изменяется вязкость смеси во времени, тем выше эффект прироста прочности изделий, полученных с повторным перемешиванием смеси.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Предварительная обработка бетонной смеси // В. Д. Шаятарик, А. А. Ильяев, В. Е. Кресляк и др. // Бетон и железобетон. 1985, № 6.
2. Шмидальский В. М. Формование изделий на виброплощадках. — М.: Стройиздат, 1988.
3. Азелицкая Р. Д., Чепух В. Ф., Пшавчинский Г. Н. О применении повторного вибрирования в заводской технологии // Бетон и железобетон. 1982, № 4.
4. Казымова В. Е., Михайлов Н. В. Исследование процессов структурообразования в цементном тесте и характеристика цементов взаимной оценки их по срокам схватывания // Бетон и железобетон. 1987, № 4.
5. Красный И. М., Яковлев В. К. Прибор для определения вязкости бетонной смеси // Бетон и железобетон. 1984, № 10.

И. Ю. БИРМАНТАС, канд. техн. наук, Г. Ю. ВАЙЦЕКАУСКЕНЕ, инж.,  
А. Ю. КАМИНСКАС, д-р техн. наук, С. А. СТУЛЬГИС, инж. (ВНИИТеплоизоляция)

## О стойкости некоторых силикатов к воздействию угольной кислоты

Минеральное, стеклянное и асбестовое волокна, применяемые как строительный материал, различаются химическим составом и водостойкостью, а следовательно, и долговечностью. Волокна при работе с ними попадают в виде пыли в легкие людей и при длительном воздействии могут вызвать различные заболевания. В данном случае водостойкость волокна нежелательна, так как осевшие в легких их пылинки сохраняются длительное время и постоянно оказывают механическое воздействие на живые ткани.

Для определения водостойкости каждого силикатного материала применяют различные методы, поэтому по стойкости эти материалы редко сравнивают. Например, водостойкость минеральной ваты определяют по показателю рН [1], поскольку при растворении ее пробы в разбавленной кислоте рН раствора увеличивается. Скорость растворения определяют по количеству израсходованной 0,01 N HCl для поддержания постоянного рН во все время [2].

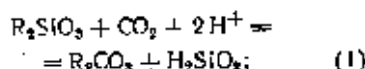
Известно, что чем больше содержится в составе кислых оксидов и чем выше степень их связывания с основными оксидами, тем меньше скорость растворения минеральной ваты в воде [3], поскольку при этом увеличивается молекулярный вес силикатного полимера,

характеризуемый кислородным числом. С увеличением кислородного числа от 2 до 4 структура полимера изменяется от пространственной через плоскостную к линейной [4].

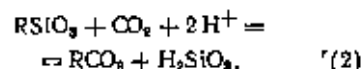
Кислородное число минеральной ваты изменяется в пределах 3,8—4,5, поэтому в ее структуре могут существовать отдельные, не связанные в полимеры силикаты, играющие решающую роль в ее водостойкости.

Целью исследований было изучить скорость растворения силикатных материалов в растворе угольной кислоты, поскольку ее действие в эксплуатационных условиях наиболее вероятно. Для выяснения причины стойкости силикатов к действию угольной кислоты в зависимости от их состава (табл. 1) решено было провести термодинамический анализ процесса гидратации и карбонизации отдельных силикатов по методике и исходным данным, приведенным в литературе [4].

Рассмотрим реакцию карбонизации некоторых метасиликатов при совместном участии в реакции  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}^+$  по уравнениям для силиката одновалентного металла:



для силиката двухвалентного металла:



Активность твердых веществ равна 1, поэтому константа равновесия реакции

$$K = \frac{1}{P_{\text{CO}_2} [\text{H}^+]^2} \quad (3)$$

или

$$\lg P_{\text{CO}_2} = -\lg K + 2 \text{pH} \quad (4)$$

Парциальное давление углекислого газа в атмосфере составляет  $10^{-3,5}$  кгс/см<sup>2</sup>. Это значение во много раз превышает величину парциального давления  $\text{CO}_2$ , необходимого для начала реакции карбонизации силикатов при любом рН. Однако в кислой среде  $\text{CO}_2$  не растворяется, поэтому совместная реакция не может происходить. Следовательно, реакция карбонизации силикатов идет поэтапно. Сначала происходит растворение  $\text{CO}_2$  в кислоте, после этого — карбонизация.

Термодинамически наиболее стойкими к воздействию водородных ионов и угольной кислоты являются метасиликаты железа и магния. Так как волокна минеральной, стеклянной ваты и асбеста отличаются не только химическим составом, но и минералогическим строением, а это обстоятельство может оказывать решающим при растворении реальных материалов, целесообразно проследить кинетику растворения опытно-измельченных (<50 Å) и немембранных волокон.

Пробы силикатного материала растворяли в воде при рН=6 по методике, описанной ранее [3]. Постоянный рН раствора поддерживали путем титрования при помощи автоматического титратора насыщенным раствором угольной кислоты, рН которой был доведен до 4. Скорость растворения силикатов рассчитывали по количеству израсходованной угольной кислоты.

Была изучена растворимость минеральной ваты различного модуля кислотности  $M_k$ , стеклянной ваты и асбеста Баженковского месторождения (см. табл. 1).

Результаты расчета скорости и времени полного растворения растертого в порошок и нерастертого волокна разного химического состава показаны в табл. 2.

По количеству израсходованной угольной кислоты (см. табл. 2) построены графические зависимости для растертого в порошок материала (рис. 1) и проб минеральной, стеклянной ваты и

Таблица 1

№ пробы	Материал	Химический состав исследованного материала, %							
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	M <sub>k</sub>
1	Минеральная вата из шлама завода «Азовсталь»	40,56	8,3	0,67	43,66	4,67	0,27	1,17	1,01
2	То же, с базальтом	36,58	12,53	7,77	39,06	3,04	0,48	1,14	1,17
3	То же, с габбро-диабазом	39,3	13,73	3,18	37,83	2,78	0,97	1,33	1,31
4	Стекловолоконная вата	43,79	13,76	6,83	28,29	7,51	0,66	0,93	1,7
5	Асбестовое волокно	64,74	2,38	0,29	10,7	5,16	0,48	14,49	4,23
6	Асбестовое волокно	42,1	0,7	1,65	0	40,8	—	—	1,06

Таблица 2

№ пробы	Содержание $\Sigma (\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ , г-экв/г х $10^3$	Израсходовано вонов водорода при растворении, г-экв/(млн · 10 <sup>3</sup> ), пробы		Скорость растворения, %/(млн · 10 <sup>3</sup> ), пробы		Расчетное время полного растворения, ч, пробы		Показатель водостойкости, рН
		растертая	нерастертая	растертая	нерастертая	растертая	нерастертая	
1	1,825	5,18	0,963	26,34	6,277	9,79	52,64	8,5
2	1,60	0,46	0,46	2,893	2,83	96	98,15	6,76
3	1,55	0,33	0,21	2,129	1,355	130,5	205	4,26
4	1,35	0,14	0,036	1,037	0,267	257,9	1040	3,6
5	1,11	0,11	0,04	0,591	0,36	250,8	771,6	2,25
6	2,04	0,68	0,011	2,745	0,064	101,2	5144	2,1

Примечание. № проб соответствует табл. 1.

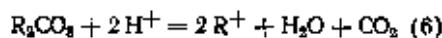
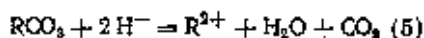
распушенного асбеста в натуральном виде (рис. 2).

Как видно из приведенных данных, скорость растворения растертого асбестового порошка примерно равна скорости растворения минеральной ваты с  $M_n$  около 1,2. По-видимому, при растирании нарушается кристаллическая структура асбеста и большого различия в химической стойкости между растертым стекловидным порошком минеральной и стеклянной ваты и порошком асбеста не обнаруживается.

Реакция между угольной кислотой и силикатами может осложниться образованием на границе раздела фаз твердого осадка карбоната. Для выяснения этого вопроса был проведен термодинамический анализ стойкости карбонатов, как одного из продуктов реакции, в кислой среде. Расчет свободной энергии реакции проводили по величинам свободных энергий образования исходных веществ и продуктов реакции, используя табличные данные [4].

Разложение карбонатов в кислой среде идет по уравнениям для карбоната

соответственно двух- и одновалентного металла с выделением  $CO_2$ :



Константы равновесия соответственно равны

$$K_1 = \frac{[R^{2+}] \cdot P_{CO_2}}{[H^+]^2};$$

$$K_2 = \frac{[R^+]^2 \cdot P_{CO_2}}{[H^+]^2} \quad (7)$$

Из уравнения (7) следует, что активность катионов можно рассчитать по уравнениям:

$$\lg [R^{2+}] = \lg K_1 - 2pH - \lg P_{CO_2} \quad (8)$$

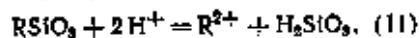
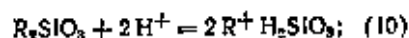
$$\lg [R^+] = \frac{1}{2} \lg K_2 - pH - \frac{1}{2} \lg P_{CO_2} \quad (9)$$

На основе литературных данных [4] и формул (8) и (9) были рассчитаны термодинамические потенциалы и предельные величины pH раствора, характеризующие стойкость карбонатов в воде в условиях насыщения воды углекислым газом и в нормальных атмосферных условиях, при парциальном давлении  $CO_2$  в атмосфере, равном  $10^{-3.5}$  кгс/см<sup>2</sup>.

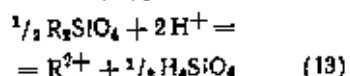
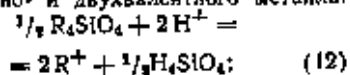
Установлено, что реакция растворения карбонатов в кислоте по уравнениям (5) и (6) являются экзотермическими ( $\Delta H_r < 0$ ), кроме реакции растворения карбоната бария, при которой поглощается 1,1 кДж/моль тепла. Количество тепла, выделяемое при растворении карбонатов увеличивается в ряду Ba, Ca, Li, Fe, Na, Mg, K. Свободная энергия реакции ( $\Delta Z_r$ ) уменьшается с уменьшением радиуса атома щелочноземельного металла и с увеличением атомного радиуса щелочного металла. Наиболее стойким из рассматриваемых является карбонат железа. По такой закономерности изменяются значения  $\lg K$ . Таким образом, блокирование раздела фаз продуктами реакции при разложении силикатов кальция и магния не происходит.

В проведенных нами опытах растворения силикатов при pH=6 доминирующей стадией явилось растворение силикатов при воздействии на них ионов водорода.

Расчет термодинамических потенциалов, а также активности катиона при взаимодействии силиката с ионами водорода в воде осуществлялся с использованием уравнения для метасиликата соответственно одно- и двухвалентного металла:



а также для ортосиликата соответственно одно- и двухвалентного металла:



Как видно из уравнений (10—13) для каждой реакции израсходовано по

два иона водорода для возможности сравнения значений термодинамических потенциалов между собой. Связь между свободной энергией реакции и константой равновесия в стандартных условиях рассчитывались по формуле

$$\lg K = - \frac{\Delta Z_r^0}{5,707} \quad (14)$$

Логарифмы активности катиона в зависимости от pH раствора рассчитывали по величине  $\lg K$  для одновалентного катиона:

$$\lg [R^+] = \frac{1}{2} \lg K - pH; \quad (15)$$

для двухвалентного катиона:

$$\lg [R^{2+}] = \lg K - 2pH. \quad (16)$$

По формулам (15) и (16) рассчитывали предельные значения pH раствора, при которых соединения становятся неустойчивыми.

Реакция растворения силиката в кислоте является экзотермической. Рассчитанное количество выделяемого тепла зависит от механизма реакции, поскольку расчет энтальпии  $\Delta H_{298}^0$  и свободной энергии  $\Delta Z_{298}^0$  производится по количеству тепла, израсходованного на образование каждого соединения, участвующего в реакции. Как и при совместном воздействии ионов водорода и  $CO_2$ , так и при воздействии кислоты, термодинамически наиболее стойкими являются силикаты железа и магния.

Активность катионов, выделяющихся в раствор во время реакции между ионами водорода и силикатами, уменьшается с увеличением pH раствора (рис. 3). Зависимость  $\lg [R^{n+}]$  от pH выражается прямой с угловым коэффициентом, равным валентности катиона. Следовательно, когда ионы одинаковой валентности, эти прямые параллельны независимо от химического состава силиката.

Свободная энергия имеет значительно большее отрицательное значение для реакции с участием одновременно ио-

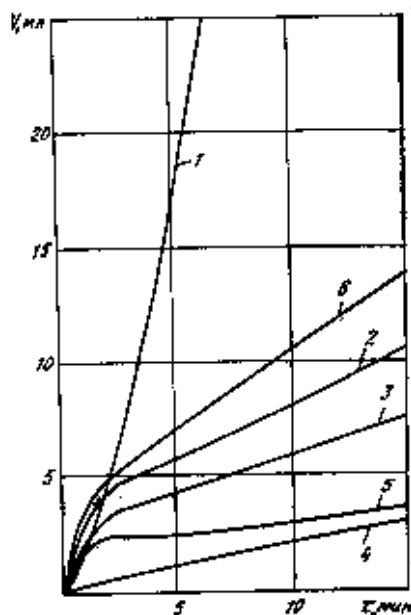


Рис. 1. Количество израсходованной угольной кислоты со временем при pH=6 при растворении растертого силикатного волокна (1—6 соответствует № пробы в табл. 1)

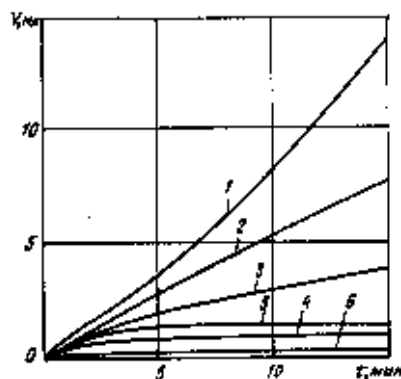


Рис. 2. Количество израсходованной угольной кислоты со временем при pH=6 при растворении растертого силикатного волокна (1—6 соответствует № пробы в табл. 1)

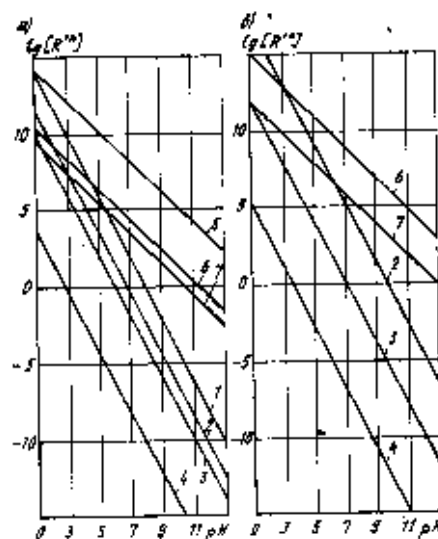


Рис. 3. Приблизительная активность катионов в процессе растворения под воздействием  $H^+$  метасиликатов (а) и ортосиликатов (б) Для а: 1 —  $BaSiO_3$ ; 2 —  $CaSiO_3$ ; 3 —  $MgSiO_3$ ; 4 —  $FeSiO_3$ ; 5 —  $K_2SiO_3$ ; 6 —  $Na_2SiO_3$ ; 7 —  $Li_2SiO_3$ ; для б: 1 —  $Ca_2SiO_4$ ; 2 —  $Mg_2SiO_4$ ; 3 —  $Fe_2SiO_4$ ; 4 —  $Na_2SiO_4$ ; 5 —  $Na_2SiO_4$ ; 6 —  $Li_2SiO_4$

нов водорода и  $\text{CO}_2$ . Как видно из рис. 2, даже в этих условиях разрушенный асбест остается практически инертным к воздействию  $\text{CO}_2$  в слабощелочной среде. Минераловатные волокна сравнительно быстро подвергаются гидролизу, поэтому попавшая в легкие человека пыль растворяется.

Полученные данные послужат развитием исследований по замене асбеста

минеральной ватой в композициях с неорганическими связующими [5], а также по офактуриванию минераловатных изделий магниевыми вяжущими и другими клеящими составами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирмантас И. Ю., Химические методы определения качества минеральной ваты. — Вильнюс: Изд. ВНИИтеплоизоляции, 1979, 156 с.

2. Бирмантас И. Ю., Каминскис А. Ю., Готселяте Н. А. Влагостойкость минеральной ваты в слабощелочной среде // Строит. материалы, 1984, № 8.  
3. Вадиева-Ускаева Г. Ю., Бирмантас И. Ю. Влияние химического состава минеральной ваты на ее кислотостойкость // Строит. материалы, 1986, № 11.  
4. Бабушкин В. И., Матвеев Г. М., Мяделов-Петросьян О. П. Термодинамика смачивания. М.: Гостройиздат, 1972.  
5. Каминскис А. Ю. Технология строительных материалов на магнезальной сырье. — Вильнюс: «Мокляс», 1987.

УДК 678.743.22.001:539.214

Н. Г. МИХАЙЛОВИЧ, инж., Н. А. ГЛОТОВА, канд. хим. наук, В. С. ГОРШКОВ, д-р техн. наук (ВНИИстройполимер)

## Методика определения полноты гелеобразования пластифицированного поливинилхлорида

Повышение качества ПВХ материалов, получаемых по пластизольной технологии, связано с оценкой полноты гелеобразования, обуславливающего их санитарно-химические и физико-механические свойства материалов. Известные методы оценки полноты гелеобразования ПВХ композиций характеризуются невысокой точностью, разбросом показателей. Испытания трудоемки и продолжительны [1—3].

Одним из наиболее быстрых является метод погружения образца в растворитель с последующим анализом изменения его поверхности [4], однако он позволяет лишь качественно оценить полноту гелеобразования.

Для количественной оценки полноты гелеобразования ПВХ, пластизольных пленочных материалов нами был предложен метод, базирующийся на определении изменения массы образца в изобамидовом эфире уксусной кислоты (ИАА). ИАА — растворитель, совместимый с ПВХ, не растворяющий его, но вымывающий пластификатор, с высокой температурой кипения, позволя-

Таблица 1

Параметры желированных образцов, °С — мин	Время выдержки образца в ИАА, мин	Количество экстрагированного ДОФ, %
160—6	10	22
160—15	10	18,7
160—30	10	11
160—6	30	23,8
160—15	30	21,4
160—30	30	18
180—6	90	26,1
160—15	90	23,9
160—30	90	26,9

ющий проводить эксперимент при повышенной температуре, что обуславливает экспрессность метода анализа.

Для проведения анализа из пленок толщиной 1—1,2 мм вырубали таблетки диаметром 12 мм, помещали в мешочек из нихромовой сетки с ячейкой 4 мм<sup>2</sup>, подвешивали к торсионным весам и опускали в термостатированную при 50°C пробирку с растворителем. Массу образца измеряли через каждые 5—10 мин. По результатам эксперимен-

тов строили кривые зависимости изменения массы образцов от времени (рис. 1, 2). Получаемые кривые имеют экстремальный характер, положение экстремальной точки которых определяется временем достижения (мин) и абсолютной глубиной (отн. ед.) такого экстремума.

Из анализа представленных зависимостей следует, что под воздействием ИАА в пластифицированных ПВХ пленках протекают одновременно с разной скоростью два альтернативных процесса — экстракция пластификатора (преимущественно на первом этапе, I ветвь кривой) и поглощение растворителя (преимущественно на II этапе, II ветвь кривой). При этом, чем менее желтый образец, тем быстрее достигается равновесие этих процессов. Однако на первый взгляд создается впечатление, что, чем больше полнота гелеобразования, тем быстрее и в большем количестве из него извлекается пластификатор.

Для проверки этого предположения определяли абсолютные потери массы образцов после экстракции в ИАА и последующего высушивания образца до постоянной массы, т. е. количество экстрагированного пластификатора (табл. 1).

Эти результаты свидетельствуют о том, что в действительности с увеличением времени термообработки, а следовательно, полноты гелеобразования, количество извлекаемого пластификатора уменьшается как в первые моменты эксперимента, так и через 90 мин. Следовательно, увеличение глубины экстремума и времени его достижения на кривых потерь массы образцов при на-

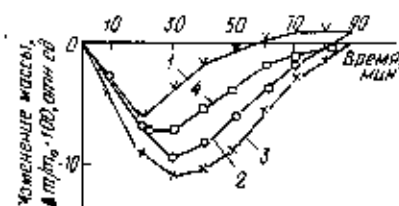
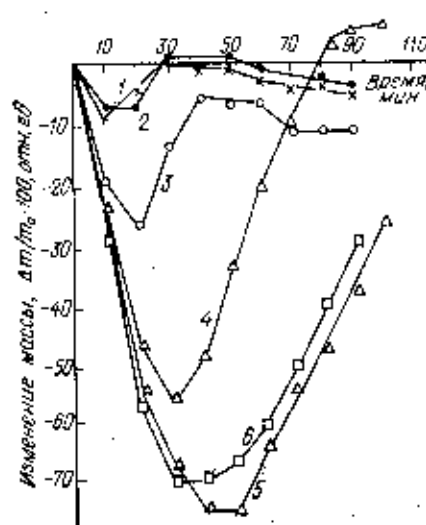
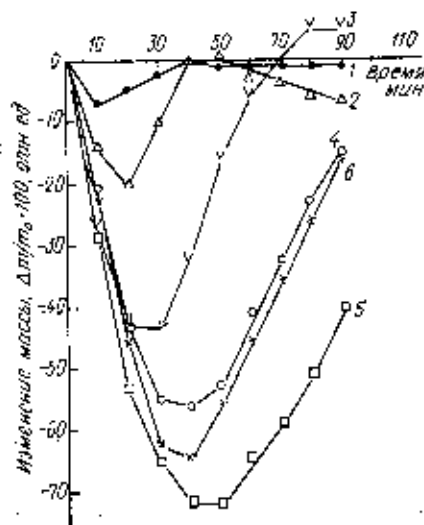


Рис. 2. Изменение массы напленочных ПВХ листов в зависимости от времени выдержки в изобамидовом эфире  
Температура термообработки, °С: 1 — 180; 2 — 160; 3 — 180; 4 — 200. Время термообработки 15 мин

Рис. 1. Изменение массы ПВХ пленок в зависимости от времени выдержки и нормальности  
а) время обработки пластиолой при 160°C, мин: 1 — 6; 2 — 8; 3 — 14; 4 — 24; 5 — 28; 6 — 36;  
б) время обработки пластиолой 15 мин при температуре, °С: 1 — 120; 2 — 140; 3 — 150; 4 — 160; 5 — 180; 6 — 200

бухания, а также более острый угол наклона I ветви кривой (см. рис. 1, а) с возрастанием полноты гелеобразования обусловлены малой скоростью процесса набухания — проникание растворителя в структуру материала с более плотной сеткой геля происходит медленнее, вследствие чего вклад набухания в изменение массы образца на первом этапе (I ветвь кривой) для таких образцов уменьшается, что и проявляется в соответствующей форме кривой.

В случае образцов с недостаточной полнотой гелеобразования вследствие малой плотности трехмерной сетки геля происходит быстрая экстракция пластификатора и интенсивное набухание с большей скоростью. Поэтому угол наклона I ветви кривой больше, а протяженность ее меньше.

Таким образом, полнота гелеобразования ПВХ пластифицированных пленок характеризуется положением экстремальной точки кривой изменения массы  $\frac{\Delta m}{m_0}$  в процессе выдержки, в растворителе, которая определяется временем достижения и глубиной этого экстремума.

Так, на рис. 1, б представлены кривые изменения массы ПВХ пленок в процессе выдержки в ИАА, полученные при разных температурах переработки в интервале 120—200°C (время термообработки 15 мин). Повышение температуры переработки до 180°C способствует возрастанию полноты гелеобразования (что подтверждается увеличением физико-механических показателей пленок) и сопровождается увеличением времени достижения (до 50 мин) и глубины экстремальной точки на кривых  $\frac{\Delta m}{m_0}$ , мин. Для образца № 6 время достижения экстремума уменьшается, что вероятно, вызвано «перезелением» ПВХ пленки термообработкой при 200°C в течение 15 мин.

Аналогичные зависимости получены и для образцов после термообработки при 160°C в течение различного времени (см. рис. 1, а).

При исследовании наполненных пленочных материалов были получены подобные зависимости (см. рис. 2) с той лишь разницей, что абсолютная величина экстремума меньше, так как введение наполнителя, увеличивая рыхлость структуры материала, ускоряет как извлечение пластификатора, как и поглощение растворителя. При этом время достижения экстремума остается на том же уровне.

Положительные результаты, полученные на лабораторных образцах, позволили использовать разработанную методику для оценки полноты гелеобразования промышленного линолеума, полученного промазным способом. Материалы для их основы — джут, стеклоткань и др. — не растворяются в ИАА и поглощают растворитель в несравненно меньшем количестве, чем ПВХ гель, поэтому не оказывают влияния на форму кривой изменения массы образцов линолеума.

Сравнительный анализ влияния полноты гелеобразования ПВХ линолеума на концентрацию диоктилфталата в воздухе над образцами (табл. 2) показывает обратную зависимость этих данных и возможность использования раз-

Таблица 2

Концентрация ДОФ, мг/м <sup>3</sup>	Параметры, характеризующие полноту гелеобразования	
	Время достижения минимума, мин	Абсолютная величина минимума, отн. ед. $\times 10^2$
0,119	25	9,8
0,042	30	6
0	35	11
0	35	27
1,72	20	2,5
0	35	14
0,003	30	8,5
0	35	10,5
0	35	14

\* Определение концентрации ДОФ в воздухе хроматографическим методом проводимо Г. А. Кудряцовой и И. Г. Каретниковой.

работанной методики для прогнозирования способности линолеумов к выделению пластификаторов в газовую фазу.

Предлагаемая методика определения полноты гелеобразования может быть использована благодаря экспрессности анализа и достаточной точности испытаний в исследовательской и производ-

ственной практике с целью совершенствования технологии производства ПВХ материалов: определения оптимальных температурно-временных параметров переработки пластмасс и, следовательно, снижения энергоемкости производства и повышения качества материалов, а также разработки оптимальных составов композиций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Simonik G., Lapčák J., Stanáveni L. *Chemické Listy*, 1975, sv. 69, N 12, 1290—1295.
2. Wheeler A., Chifton D. *British plastics*, 1962, 35, N 12, p. 640.
3. Streeler H., Wechselwirkung zwischen PVC—Pulver und Weichmacher und ihre anwendungst. *Stechliche verwertung beider weich—PVC—Iberst, Leder, schure, Lederwaren*, 1986, 11, N 1, 20—23.
4. Kling D., Beuzteilung des Leilierungsgrades eines aus PVC—Paste hergestellten Kunstleders. *Kunststoffe*, Bd. 41, 1951, Heft. 8, 240.
5. Концентрация и определение пластификаторов в воздушной среде / В. В. Мальцев, Г. А. Кудряцова, В. Н. Баквинов, А. П. Филиппов // ВНИ «Судостроение». Сер. 1, 1980, Вып. 7.

УДК 666.865

Н. С. НИКОЛОВА, канд. техн. наук, В. В. МИТЮШИН, канд. техн. наук, И. Н. ТИХОМИРОВА, инж. (МХТИ им. Д. И. Менделеева)

## Кинетика фазообразования и твердения известково-кварцевого вяжущего с добавкой алюмината натрия

Одним из путей, позволяющих повысить качество автоклавных силикатных строительных материалов, является целенаправленный синтез в связующем низкоосновных гидросиликатов кальция. Эти фазы обладают высокой прочностью на растяжение и высокой удельной поверхностью, что обеспечивает хорошее их срастание и образование прочной структуры. Такими фазами являются волокнистые и игольчатые гидросиликаты кальция типа тоберморита, ксонотлита, фюсагита, лехтолита, кремнекислородные анионы (ККА) которых имеют цепочечную или ленточную структуру и высокую степень полимеризации кремнекислородных тетраэдров.

Введение в вяжущее щелочей и соединений, имеющих щелочную реакцию, в оптимальном количестве позволяет повысить растворимость кремнезема и скорость его поступления в жидкую фазу, что стимулирует образование преимущественно низкоосновных гидросиликатов кальция [1]. В качестве таких добавок могут быть использованы щелочесодержащие промышленные отходы, в том числе и щелочные алюминаты и алюмосиликаты.

Авторы попытались проследить кинетические закономерности процессов, протекающих при автоклавном твердении известково-кварцевого вяжущего с добавкой  $\text{NaAlO}_2$ , взятой в оптимальном количестве — 1% сверх массы вяжущего. Полученные характеристики сравнились с аналогичными данными для образцов, приготовленных на основе бездобавочного вяжущего. Сырьевые смеси готовили из молотого Вольского песка с удельной поверхностью 400 м<sup>2</sup>/кг и мешанной извести активностью 98%. Активность массы составляла 30%, формовочная влажность — 80%. Гидротермальную обработку образцов проводили в лабораторном автоклаве. Время подъема температуры от комнатной до 175°C (избыточное давление 8 кгс/см<sup>2</sup>) — 2 ч.

Схема анализа образцов включала в себя комплекс химических и физико-химических методов: кинетический молибдатный анализ, химический анализ оксида кремния и оксидов металлов, дериватографию, ДТА, РФА, а также физико-механические испытания. Совокупность этих методов позволила получить количественную информацию о составе гидросиликатного материала

Составные части ГСМ	$n_i$		$g_i, \%$		$n_i$		$g_i, \%$		$n_i$		$g_i, \%$	
	при изотермической выдержке, ч											
	0		2		4		6		8			
Контрольные образцы												
Кислоторастворимая часть ГСМ	1	0	1	5,6	1	1,1	1	0	1	0	1	0
	2	9,5	2	0	2	0,8	2	0	2	11	2	1,1
	3,7	29,7	8,4	24,9	11,1	0,9	5,3	9	3,5	15	16,8	
	67	42	328,9	56,4	1330,3	31,2	102,5	25,8	69,4			
Псевдоморфоз	19968	18,6	16305	13,2	12834	46,2	11739	54,2	1464	67,1		
$N_{ср}$	3787,7		2340		5996,2		6392,4		9614,6			
Образцы с добавкой 1% NaAlO <sub>2</sub>												
Кислоторастворимая часть ГСМ	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
	2	35,5	2	30,5	2	14,7	2	0	2	19,6	2	3,6
	9	20,3	10,1	21,3	2,9	14,7	7,3	0	0,4	19,1	19,1	19,1
	123	52,1	30	30	30	66,4	11,2	85,1	20,5	20,5	20,5	
Псевдоморфоз	193013	51,2	23847	48,2	20425	88,8	17688	69,2	11878	57,8		
$N_{ср}$	9911,7		11496		14186		12372		6886,5			

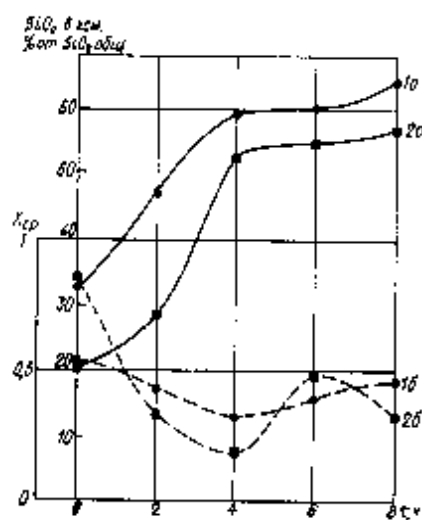


Рис. 1. Количество  $SiO_2$ , связанного в гидросиликаты кальция, % общего содержания  $SiO_2$  в образце (а); средневзвешенная основность кремнекислородных анионов в ГСМ ( $X_{ср}$ ) в зависимости от времени изотермической выдержки (б). 1 — образцы с добавкой 1%  $NaAlO_2$ ; 2 — контрольные образцы

(ГСМ) и о степени полимеризации кремнекислородных анионов в отдельных фазах. В работе использовали прием разделения всего гидросиликатного материала на две составляющие [2]: 1) — кислоторастворимую часть ГСМ (гидросиликаты, перешедшие в раствор 0,15 н. HCl за 30 мин непрерывного перемешивания при температуре  $2 \pm 1^\circ C$ ), в которой масс-молекулярное распределение ККА получали расчетом на ЭВМ СМ-4 данных кинетических молибдатных кривых по методу, предложенному Э. В. Чекуновой, Н. И. Малавским [3]; 2) — псевдоморфоз, состоящий из высокополимеризованных фаз гидросиликатов и кварца, в котором определяли среднюю основность

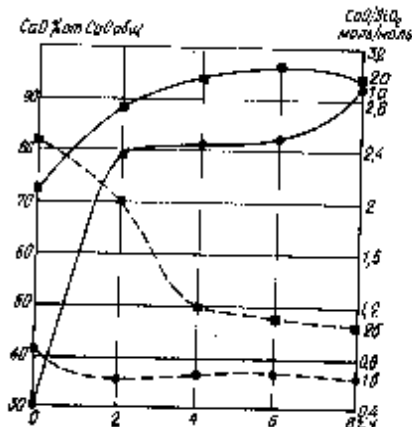


Рис. 2. Кинетика набора прочности на растяжение при изгибе (а); при сжатии (б). 1 — образцы с добавкой 1%  $NaAlO_2$ ; 2 — контрольные образцы

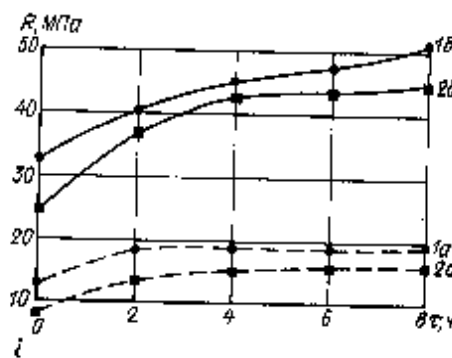


Рис. 3. Количество  $CaO$ , связанного в гидросиликаты кальция (а), % от общего содержания  $CaO$  в образце; б — среднее молярное отношение  $CaO/SiO_2$  в ГСМ в зависимости от времени изотермической выдержки. 1 — образцы с добавкой 1%  $NaAlO_2$ ; 2 — контрольные образцы

кремнекислородных анионов по водороду по совокупности данных термogravиметрического и химических анализов. Все это позволило получить более полную информацию о количественном распределении фаз в образце.

Рентгенофазовый и термографический анализы образцов показали, что при введении в вяжущее 1% алюмината натрия гидратные новообразования оканчиваются представленными только гидросиликатами кальция, т. е. ионы натрия и алюминия встраиваются в их структуру, не образуя самостоятельных фаз.

Общее содержание  $SiO_2$  в гидросиликатном материале (рис. 1, а) при введении добавки больше, чем в контрольных образцах во все сроки твердения. Однако скорость связывания  $SiO_2$  выше в начальные сроки автоклавной обработки — в период подъема температуры и давления в автоклаве и в течение примерно первых 2 ч изотермической выдержки, но затем она несколько снижается и сравнивается со скоростью связывания  $SiO_2$  в образцах контрольной серии. К моменту начала изотермического этапа твердения в образцах со щелочной добавкой количество  $SiO_2$ , связанного в гидросиликаты кальция, примерно в два раза выше, чем в образцах без добавок. Это может быть связано как с более ранним началом процессов фазообразования и большей их скоростью, так и с образованием преимущественно низкоосновных фаз гидросиликатов кальция.

Обратная картина наблюдается при рассмотрении влияния добавки на кинетику связывания  $Ca(OH)_2$  (рис. 2, а). Но на поздних сроках твердения (после 7—8-часовой изотермической выдержки) процесс ускоряется вследствие того, что все катионы натрия уже вошли в структуру новообразований, и снимается их тормозящее действие на усвоение извести.

На основании данных о количестве  $SiO_2$ , оксидов металлов,  $CO_2$ , а также кристаллизационной, силикатной и гидроксильной воды, вошедших в структуру гидросиликатов кальция, было рассчитано количество гидросиликатного материала в процентах от массы образца (рис. 3). Величина среднего по всему гидросиликатному материалу мольного отношения  $CaO/SiO_2$  в твердой фазе является интегральной характеристикой (рис. 2, б) и по ее изменению в процессе гидротермальной обработки можно сделать вывод о том, что при введении оптимального количества  $NaAlO_2$  процесс фазообразования идет одностадийно, в отличие от бездобавочного вяжущего, в котором на начальном этапе изотермической выдержки образуются высокоосновные гидросиликаты кальция. Однако более детально отражают процессы формирования фаз ГСМ и их анионной структуры изменения масс-молекулярных распределений кремнекислородных анионов (см. таблицу), а также средневзвешенные величины основности и степени полимеризации ККА гидросиликатов кальция (рис. 1, а, б, и в таблице), вычисляемые по формулам:

$$X_{ср} = \sum_{i=1}^n g_i x_i; N_{ср} = \sum_{i=1}^n g_i n_i$$

где  $n_i$  — количество  $i$ -той фракции ГСМ, доли единицы;  $n_s$  — средняя степень полимеризации ККА  $i$ -той фракции;  $x_i$  — средняя основность ККА  $i$ -той фракции в пересчете на 2-валентный металл.

Анализ этих данных позволяет заключить, что доля высших полимеров и средняя степень полимеризации при введении добавки выше, чем в контрольных образцах, однако к концу изотермического этапа автоклавной обработки разница между этими характеристиками для той и другой серии образцов уменьшается. Вероятно, влияние щелочных добавок на процесс формирования анионной структуры новообразований наиболее сильно проявляется на начальных этапах твердения. Следует отметить отсутствие в образцах с добавкой алюмината натрия даже на ранних стадиях гидросиликатов кальция с мономерными и димерными ККА. Все это подтверждает ранее уже сделанный вывод о том, что фазообразование в этом случае происходит более плавно, т. е. без резких изменений в

структуре гидросиликатов и, следовательно, без нежелательных внутренних напряжений в структуре камня, возникающих при перекристаллизации высокоосновных фаз в низкоосновные.

Сопоставляя изменения количества ГСМ, кинетики набора прочности (рис. 3) и изменение средневзвешенной степени полимеризации (см. таблицу), можно заключить, что прочность материала зависит не только от количества гидросиликатной связки ( $H_{гем}$ ). Но и от его качественной характеристики, которую отражает распределение ККА по степени полимеризации.

Математическая обработка данных по методу линейной регрессии позволила найти связь между прочностью на сжатие образцов  $R_{сж}$ , величиной  $H_{гем}$  и средневзвешенной степенью полимеризации кремнекислородных анионов  $N_{ср}$ . При уровне значимости 0,95 лучшим оказалось уравнение

$$R_{сж} = a + b \frac{H_{гем}}{N_{ср}}$$

для которого коэффициент корреляции составил 0,845. При этом расчетный критерий Фишера более чем в три раза выше табличного значения. Таким образом, это уравнение может быть использовано в первом приближении для прогнозирования свойств материала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гнмашев В. В., Сычева Л. И., Никитина Н. С. Теория и практика самозатвердевания вяжущих материалов // Тез. докл. Всесоюз. конф. до коллоидной химии и физико-химической механики. — Ташкент, 1983. Ч. 6.
2. Комплексный метод анализа фазового состава высокополимеризованных силикатов / Н. И. Мадявский, Э. В. Чекунова, Г. К. Александрова, Б. И. Мартышчева / Моск. инж.-строит. институт. — Черкассы, 1986. — Деп. в ОНИИТЭХИМ 16.12.85, № 1136 XII-85.
3. Чекунова Э. В., Мадявский Н. И. Применение атермического метода расчета при обработке данных коллоидного кинетического анализа силикатов / Моск. инж.-строит. институт. — Черкассы, 1986. — Деп. в ОНИИТЭХИМ 27.11.85, № 1137 XII-85.

## Рефераты опубликованных статей

УДК 666.198.001.745.012

Управляющие воздействия на ход выравочного процесса в производстве минеральной ваты / К. К. Эйдукиявичюс, Г. П. Абрахов, Я. М. Гордок и др. // Стронт. материалы, 1989, № 10, С. 6—9

Приведены результаты промышленного внедрения управляющих воздействий на тепловую и газодинамическую работу выравочной минераловатной производств. Отработаны режимы и режимы шихты при работе заправки на 20 и 13 фурмах. На основе анализа полученных данных распределения температур показаны пути повышения производительности печи и сокращения расхода кокса. В результате проведенных работ производительность заправки возросла на 11%. Ил. 3, табл. 2, библ. 2.

УДК 666.3.041.54.554.589

Реконструкция шахтных печей на природном газе / П. А. Старожикская, С. Л. Гершман, И. М. Черкасский и др. // Стронт. материалы, 1989, № 10, С. 5—9

Описана реконструкция шахтных печей для обжига известки на природном газе Троицкого завода силикатных стеновых материалов, позволяющая увеличить производительность печей, улучшить качество выпускаемой известки. Ил. 1.

УДК 666.971.16.001.4

Оценка эффективности классификация минеральных добавок и цементов в бетонах / С. А. Высоцкий, М. И. Бруссер, В. П. Смирков, А. М. Царик // Стронт. материалы, 1989, № 10, С. 9—17

Рассмотрен метод оценки эффективности использования различных минеральных добавок в производстве цемента и бетонов стандартного состава. Предложена классификация минеральных добавок. Проведены рекомендации по применению добавок различных групп по эффективности в бетонах. Табл. 3.

УДК 679.3.02.862.002.2

Патров Н. А. Критерии определения оптимальных параметров разработки песчано-гравийных месторождений земскрияды // Стронт. материалы, 1989, № 10, С. 10—13

Предлагается экономический критерий определения оптимальных параметров разработки песчано-гравийных месторождений земскрияды. Проведено сравнение оптимальных показателей работы земскрияды, определенных по различным критериям. Табл. 1, библ. 1.

УДК 674.815-41

Мартышак В. И., Леонович А. А. Огнезащитные древесно-стружечные плиты // Стронт. материалы, 1989, № 10, С. 17—18

Описана технология получения огнезащитных древесно-стружечных плит с добавкой порошкового вспучивающего фактора и диоксида кремния. Приведены рецептуры для промышленного изготовления плит. Показаны характеристики горючести, токсичности и дымообразующей способности изделий. Табл. 4, библ. 2.

УДК 691.216.5.53434

Тарасов Г. И., Ильичев И. Е., Паус С. К. Сушка побелки и безалюминиевой шпаклевки // Стронт. материалы, 1989, № 10, С. 20

Предложены составы побелки и безалюминиевой шпаклевки для внутренних строительных отделочных работ: побелки бетонов, деревянных и кирпичных штукатурных поверхностей зданий. Исследованы свойства предлагаемых составов. С целью увеличения адгезии к обрабатываемым поверхностям и водостойкости отделочных составов в них вводят в качестве добавок исследованные отходы химической промышленности — кубовые остатки дистилляции капролактама (КОДК). Табл. 3, библ. 4.

УДК 629.234.004.3:681.2.004.14

Щербакоев П. Н. Электронно-вычислительная система контроля загрузки автосамосвалов // Стронт. материалы, 1989, № 10, С. 21—22

Приведено описание электронно-вычислительной системы, позволяющей измерять горные породы непосредственно при их погружении в кузов автосамосвала. Контроль оптимальной его загрузки осуществляется как со стороны водителя, так и машиниста экскаватора. Для передачи информации с автосамосвала на экскаватор с масел погруженных горных пород применяется индуктивная связь, исключая для использования средств и кабелей радиосвязи. Электронно-вычислительная система может найти широкое применение в АСУ автомобильным транспортом на карьерах. Ил. 2.

УДК 666.198.001:620.169.1

К вопросу прогнозирования срока службы кристаллизующихся минеральных волокон / Ю. П. Гордов, Г. С. Раевская, Р. В. Назарова, А. А. Устинов // Стронт. материалы, 1989, № 10, С. 23—24

Приведены результаты долговременных испытаний кристаллизующихся минеральных волокон в промышленных условиях при температуре 1000°C. Установлено, что прочность волокон уменьшается на 15% в течение первых суток эксплуатации в связи с ростом кристаллов и формированием кристаллической структуры волокон, а дальнейшее снижение прочности замедляется. На основании физико-химических исследований показано, что такое поведение волокон обусловливается прекращением роста кристаллов и стабилизацией структуры волокон. Прогнозируемый срок службы кристаллизующихся минеральных волокон при температуре 1000°C равен 22 мес. Ил. 2, библ. 4.

УДК 666.779:65.011.4

Черных В. Ф., Огурцова О. С., Нехорошев А. В. Реологические свойства цементно-песчаных смесей при повторном перемишании // Стронт. материалы, 1989, № 10, С. 24—25

Приведены данные по кинетике вязкости цементно-песчаных смесей, выдержанных определенное время и повторно перемишанных, практических для изготовления бетонных плит, изготавливаемых крапом. Установлено, что повторное перемишивание цементно-песчаной смеси является эффективным технологическим приемом, позволяющим улучшить прочностные показатели изделий при небольших дополнительных энерготратах. Оптимальное время выдержки смеси перед повторным перемишиванием соответствует периоду, когда вязкость смеси, определенная на вибровискозиметре, принимает минимальные значения. Ил. 2, библ. 5.

УДК 666.198.001:678.019.3

О стойкости некоторых силикатов в воздействию угольной кислоты / И. Ю. Вирмантас, Г. Ю. Вайцкевичускене, А. Ю. Кажикас, С. А. Стульгис // Стронт. материалы, 1989, № 10, С. 26—28

Приведены результаты изучения скорости растворения минеральной и стеатитовой ваты, а также асбестового волокна в растворе угольной кислоты при постоянном pH=6. Показано, что скорость растворения веретеного и ретертого асбестового волокна сильно различается, так как при растранинии волокон происходит разрушение кристаллической решетки. Стойкость веретеного асбестового волокна значительно превосходит стойкость минерального волокна. Проведен термодинамический анализ реакции между силикатами разлагаемого состава и ионами водорода при отсутствии и присутствии CO<sub>2</sub>. Установлено, что наиболее стойкими являются силикаты железа и магния и что стойкость метасиликатов значительно превосходит стойкость ортосиликатов. Для расчета предельного значения pH, характеризующего стойкость силикатов. Ил. 3, табл. 2, библ. 5.

## IN THE ISSUE

*Ashmarin G. D., Sheinman E. Sh.* Highly mechanized brick production plant of small capacity for rural construction  
*Grizans V. M.* Determining the capacity of some process stages and transportation flows at ceramic building material plants  
*Eidukjavitchus K. K., Abramov G. P., Gordon Ja. M., Ishutinov A. D., Savochkin N. G., Pashchenko A. N.* Monitoring cupola turnace processes in the mineral wool production  
*Starominskaja P. A., Gerschmann S. L., Tcherkasski I. M., Mironenko N. G., Danilevich A. V., Duitshack L. G.* Reconstruction of shatt-type lime burning kilns operating on natural gas  
*Vysotski S. A., Brusser M. I., Smirnov V. P., Zariok A. M.* Efficiency evaluation and classification of mineral additives to cements and concretes  
*Petrov N. A.* The criteria for determining optimum parameters for excavation of sand-gravel deposits by dredgers  
*Karassov Ju. G., Konkhn V. V.* The choice of mining work development trends at natural stone quarries  
*Kaganovich M. I., Michel Z. G., Shekhtman L. E.* Speeding up asbestos cement hardening process by means of distillate liquid  
*Martynjuk V. I., Leonovich A. A.* Fire-resistant wood chipboards  
*Larkina V. I.* A new generation of water-dispersive adhesive mastics Divitex used for building purposes  
*Tarasova G. I.* Dry whitening and puttying without natural oil  
*Shcherbakov P. N.* Electronic computing system for dump truck loading control  
*Gorlov Ju. P., Rajevskaja G. S., Vagapova R. V., Ustenko A. A.* Prediction of the service life of mineral fibres subjected to crystallization  
*Chernykh V. F., Ogurtsova O. S., Nekhoroshev A. V.* Rheological properties of cement-sand mixes in case of repeated mixing  
*Birmantas I. Ju., Vaitsekauskene G. Ju., Kaminskas A. Ju., Stuglis S. A.* The resistance of some silicates to coal acid effect  
*Mikhailovitch N. G., Glotova N. A., Gorshkov V. S.* The methods of determining the extent of gel formation of plasticized polyvinyl chloride

## IN DER NUMMER

*Ashmarin G. D., Sheinman E. Sh.* Hochmechanisierte Ziegelfabrik kleiner Leistung für ländliches Bauwesen  
*Grizans W. M.* Bestimmung der Leistung von einigen technologischen Stufen und Verkehrsflüssen auf den Betrieben zur Herstellung von keramischen Baustoffen  
*Eidukjavitschus K. K., Abramow G. P., Gordon Ja. M., Ischutinow A. D., Savotschkin N. G., Paschtschenko A. N.* Wirkung der Prozesssteuerung im Kupolo-fen für Mineralwatterzeugung  
*Starominskaja P. A., Gerschmann S. L., Tcherkasski I. M., Mironenko N. G., Danilewitsch A. W., Duitshack L. G.* Rekonstruktion des auf dem Natargas arbeitendem schachtartigen Kalkbrennofen  
*Wysozki S. A., Brusser M. I., Smirnov W. P., Zariok A. M.* Wirksamkeitsbewertung und Klassierung von mineralischen Zusätzen zu Zementen und Betonen  
*Petrov N. A.* Kriterien der Bestimmung von optimalen Parametern des Abbaues von Sand-Kies Gewinnungsstellen mit Saugbaggern  
*Karassow Ju. G., Konkhn W. W.* Auswahl der Entwicklungsrichtung für Bergbauarbeiten in den Gruben zur Natursteingewinnung  
*Kaganowitsch M. I., Mischehl S. G., Shechtmann L. E.* Beschleunigung der Erhärtung des Asbestzements mittels Destillationswasser  
*Martynjuk W. M., Leonowitsch A. A.* Feuerbeständige Holzspanplatten mit schwer löslichen Ammoniumpolyphosphat  
*Larkina W. I.* Neue Generation von wasserigen dispergierten Klebmassen (Divitex) für Bauzwecke  
*Tarasowa G. I.* Trockenweißen und Spachtelung ohne Firnis  
*Shcherbakow P. N.* Elektronisches Rechensystem zur Regelung der Selbstklipperbelastung  
*Gorlov Ju. P., Rajevskaja G. G., Vagapova R. B., Ustenko A. A.* Vorausbestimmung der Lebensdauer von kristallisierten Mineralfasern  
*Tschernykh W. F., Ogurzowa O. S., Nekhoroschew A. W.* Rheologische Eigenschaften von Zement-Sand-Gemischen bei wiederholter Mischung  
*Birmantas I. Ju., Vaitsekauskene G. Ju., Kaminskas A. Ju., Stuglis S. A.* Beständigkeit von einigen Silikaten gegen die Wirkung von Kohlsäure  
*Mikhailowitsch N. G., Glotowa N. A., Gorshkow W. S.* Methoden der Bestimmung von Gelfülle in plastifiziertem PVC

## DANS LE NUMERO

*Ashmarin G. D., Sheinman E. Sh.* Une briqueterie hautement mécanisée de faible capacité pour le génie rural  
*Grizans V. M.* Le rendement de certains processus technologiques et de transports aux entreprises de matériaux de construction des murs en céramique  
*Eidoukjavitchus K. K., Abramov G. P., Gordon Y. M., Ichoulinov A. D., Savotchkine N. G., Pachtchenko A. N.* Les effets dirigeant le processus de cubilot dans la production de la laine minérale  
*Starominskaja P. A., Guerchman S. L., Tcherkasski I. M., Mironenko N. G., Danilevitch A. V., Douitshak L. G.* La reconstruction des fours verticaux à gaz naturel pour la cuisson de la chaux  
*Vysotski S. A., Brousser M. I., Smirnov V. P., Tsarik A. M.* L'évaluation de l'efficacité et la classification d'adjuvants minéraux aux ciments et bétons  
*Petrov N. A.* Les critères de paramètres optimaux pour l'exploitation des gisements de sables et de gravier avec dragues à suction  
*Karassov Y. G., Konkhtne V. V.* L'orientation des travaux miniers dans les carrières de pierre naturelle  
*Kaganovitch M. I., Michel Z. G., Shekhtman L. E.* L'accélération du durcissement de l'amianté ciment à l'aide du fluide distillé  
*Martyniuk V. I., Léonovitch A. A.* Les panneaux de particules de bois agglomérées résistants au feu  
*Larkina V. I.* La nouvelle génération de mastics pour collage de dispersion aqueuse Divitex destinés à la construction  
*Tarasova G. I.* Le badigeon sec et le mastic sans huile siccativ  
*Shcherbakov P. N.* Le système de contrôle électronique de chargement de camions à benne  
*Gorlov Y. P., Raevskaia G. S., Vagapova R. V., Oustenko A. A.* Le pronostic de la durée de vie des fibres minérales cristallisables  
*Tschernykh V. F., Ogourtsova O. S., Nekhoroshev A. V.* Les propriétés rhéologiques des mélanges ciment-sable au brassage répété  
*Birmantas I. Y., Vaitsekauskene G. Y., Kaminskas A. Y., Staugtis S. A.* La résistance des silicates à l'action de l'acide carbonique  
*Mikhailovitch N. G., Glotova N. A., Gorshkov V. S.* La méthode de déterminer la propriété de gélification du polyvinylchlorure plastifié

### Редакционная коллегия:

Л. А. МАЯТНИ (главный редактор), М. Г. РУБЛЕВСКАЯ (зам. главного редактора), Н. В. АССОВСКИЙ, А. С. БОЛДЫРЕВ, Ю. М. ВИНОГРАДОВ, А. В. ВОЛЖЕНСКИЙ, А. С. ВОРОВЪЕВ, Ю. А. ВОСТРЕЦОВ, Ю. В. ГУДКОВ, Б. К. ДЕМНОВИЧ, Л. Б. ЗАВАР, А. Ю. КАМИНСКАС, П. М. ЛУКЪЯНЧУК, А. Н. ЛЮСОВ, Б. Л. ПАРИМВЕТОВ, А. Ф. ПОЛУЯНОВ, С. Д. РУЖАНСКИЙ, Ю. Л. СПИРКИ, И. В. УДАЧНИИ, Н. Н. ФИЛИППОВИЧ, Л. С. ЗЪЛКИНИ

### Оформление обложки художника

А. Д. Ильина

Технический редактор Е. Л. Сангурова  
 Корректор М. Е. Шабалина,  
 Кирьянова Н. А.

Сдано в набор 20.08.89.  
 Подписано в печать 05.10.89.  
 Формат 60x90. Бумага книжно-журнальная  
 Печать высокая Усл. пел. л. 4.0  
 Усл. кр.-отт. 6.0 Уч.-изд. л. 6.30  
 Тираж 14600 экз. Зак. № 302 Цена 60 к.

Подольский филиал ПО «Перводня»  
 Государственного комитета СССР по печати  
 142110, Подольск, ул. Кирова, д. 25

Адрес редакции: 103061, Москва, Б. Сухаревский пер., 19  
 Тел.: 204-57-78