

## Содержание

<b>НОВЫЕ И УЛУЧШЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b>	ПОНОМАРЕВ Ю. Е., РОЗЕНФЕЛЬД Е. Л. Технология производства фанолоформальдегидных панопластов пониженной горючести	2
	АЗИМОВ Ф. И., АНТИПОВ А. Е. Исследование безусадочных фурановых полимеров как гидроизоляционных материалов	5
	АНДРЕЕВ А. А., КОРОБКО И. М., ПЯТИГОРСКАЯ Н. И. Оптимизация свойств перлитобентонитовых изделий	7
<b>С 3-й МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКИ-ЯРМАРКИ «СТРОЙИНДУСТРИЯ-91»</b>	Полимерные материалы на службе у строительства Гипсовые вяжущие и изделия из них	10 11
<b>КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА</b>	КИСЕЛЕВ И. Я., СИЛЬВЕСТРОВ А. Л. О международном межлабораторном сопоставлении результатов измерения теплопроводности теплоизоляционных материалов	12
<b>ОБОРУДОВАНИЕ</b>	БЫЗОВ В. Ф., ВИЛКУЛ Ю. Г., МАКСИМЧУК А. Г., АГЕЕВ С. Г. Буровое оборудование для добычи природного камня БАЖЕНОВ В. Н., МИНКО В. А., КАЗАЧКОВ Н. А. Циклонные пылеуловители для очистки газа от налипающей пыли	14 16
<b>РАСШИРЕНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ</b>	ВОРОНИН А. А. Использование золы тидроудаления в бетонах и растворах ЗУРАЕВ А. А., ГОРЛОВ Ю. П., БУРОВ В. Ю. Исследования возможности использования стеклобоя в качестве активизатора вяжущих из основных гранулированных шлаков	20 21
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	ГРЫЗЛОВ В. С. Влияние структуры легкого бетона на его теплотехнические свойства	23
<b>КОЛОНКА РЕДАКТОРА</b>	Возвращаясь к напечатанному	26
<b>ИНФОРМАЦИЯ</b>	ЕЛФИМОВ А. И., КОРНЕЕВ Б. В. Учредительная конференция национальной асбестовой ассоциации	27



УДК 678.632.32.24

Ю. Е. ПОНОМАРЕВ, д-р техн. наук, Е. Л. РОЗЕНФЕЛЬД, инж. (Научно-производственное малое предприятие «Технологии стройматериалов», г. Новочеркасск)

## Технология производства фенолоформальдегидных пенопластов пониженной горючести

Пенопласты на основе новолачных фенолоформальдегидных полимеров обладают высокими эксплуатационными свойствами, повышенной термостойкостью [1], что определяет широкое их использование в строительстве и других отраслях промышленности.

С целью снижения расхода полимера при получении пенопластов ФС-7—2 и перлитобетон [2], в композиции вводят вспученный перлитовый песок (ВПП) [3, 4].

Ранее установлено [5], что введение в композиции более 15 ч. по массе ВПП приводит к значительному увеличению кажущейся плотности пенопластов, а снижения расхода полимера при этом не наблюдается. Это можно объяснить тем, что, обладая высокой открытой пористостью, ВПП способен пропитываться расплавом полимера и фактического снижения полимероемкости при получении пенопласта нет. Кроме того, ВПП, введенный в композицию, повышает горючесть пенопластов [6].

Для объяснения установленного факта были проведены физико-химические и физико-механические исследования композиций и пенопластов с содержанием ВПП до 30 ч. по массе из расчета на 100 ч. по массе полимера. Изучали термоокислительную деструкцию и горючесть указанных композиций и пенопластов. В качестве компонентов композиций, снижающих горючесть пенопластов, использовали органические и органоминеральные антипирены, синтезированные в НИИ химполимер (г. Тамбов) и ИПО «Йодобром» (г. Саки): дифенам-04, амилфосфат, нафтам-04, ТБФ-фосфорная кислота, фосфат ТФ-03, хлоразин-5, хлоразин-11, фталат Ф-46, тиазам-04, соль ТБФ-7, соль ТБФ-20, тетрабромфталевый ангидрид, гексабромбензол, гексабромциклододекан и дибромбутендиол [7].

Пенопласты получали из композиций, содержащих новолачный фенолоформальдегидный полимер (НФФП) — 100 ч. по массе, отвердитель — гексаметилентетрамин (ГМТА) — 10 ч. по массе, газообразователь — порофор ЧХЗ-57 — 2 ч. по массе, наполнитель ВПП-7 30 ч. по массе и один из антипиренов в количестве 1—10 ч. по массе из расчета на 100 ч. полимера. НФФП измельчали до частиц размером 0,63 мм. Компоненты перемешивали в шаровой мельнице, и приготовленную композицию подавали на установку непрерывного формования пенопластовых плит. Из плит готовили образцы для испытания на горючесть по методу КТ (Керамическая труба) [8].

Наилучшие результаты получены с использованием антипирена ТБФ-фосфорная кислота. Результаты испытаний приведены в табл. 1. В большей степени уменьшение показателя горючести заметно для пенопласта из композиций, где в качестве НФФП использовалась смола СФ-010. При введении 5—10 ч. по массе антипирена из расчета на 100 ч. полимера показатель горючести снизился в 3 раза по сравнению с пенопластом исходного состава. В пенопластах на основе полимера СФ-121 уменьшение значения показателя горючести составило 33 % при введении 5 ч. по массе антипирена ТБФ-фосфорная кислота.

Для полимера СФ-010 введение ВПП снижает горючесть пенопласта практически до тех же значений, что и применение антипирена ТБФ-фосфорная кислота. Пенопласты на основе полимера СФ-121, в состав которых вводили ВПП, показали повышенную горючесть по сравнению с пенопластом, не содержащим ВПП. Даже пенопласт из композиции с 30 ч. по массе ВПП имел показатель горючести такой же, как пе-

нопласт из композиции без наполнителя ВПП.

Следует отметить, что выбор вспученного перлитового песка в качестве наполнителя пенопласта является, на наш взгляд, не совсем правильным, так как его введение способствует повышению кажущейся плотности пенопласта, увеличивает расход полимера (или полимероемкость) и, что не менее важно, способствует повышению горючести пенопласта. Повышение горючести пенопластов, содержащих ВПП, объясняется тем, что этот наполнитель способствует аккумуляции тепла в массе пенопласта, поэтому после прекращения действия источника зажигания продолжается горение и последующее тление пенопласта [9].

Из данных табл. 1 видно, что показатель горючести пенопластов, полученных из композиций, в состав которых введен антипирен ТБФ-фосфорная кислота и отсутствует наполнитель ВПП, значительно ниже показателя горючести пенопластов, имеющих в своем составе ВПП. Наименьшее значение показателя горючести  $K=0,09$  соответствует пенопластам на основе полимера СФ-010, без ВПП и имеющих в своем составе 10 ч. по массе антипирена ТБФ-фосфорной кислоты из расчета на 100 ч. по массе полимера.

Нами разработаны композиции для пенопластов, не содержащие вспученного перлитового песка. Взамен его вводится модифицированная с приданием огнезащитных свойств древесная мука, получаемая из крупнотоннажного отхода деревообрабатывающей промышленности — древесных опилок. Модифицирование осуществляется путем совмещения опилок с фурфуролом-сырцом и продуктом ВАГ-3 [10]. Кроме того, возможна модификация опилок путем совме-

Таблица 1

№ состава	Содержание ингредиентов, ч. по массе					Кажущая плотность пенопласта, кг/м <sup>3</sup>	Температура образования газов, °С	Потери массы при сжигании, %	Показатель горючести по КТ
	НФФП	ГМТА	ЧХЭ-57	ВПП	ТБФ				
СФ-010									
1	100	10	2	—	—	85*	360	19,7	0,25
2	100	10	2	10	—	84*	225	11,1	0,2
3	100	10	2	30	—	125**	215	8	0,18
4	100	10	2	7	1	90*	240	14,9	0,28
5	100	10	2	7	5	131**	210	14,4	0,15
6	100	10	2	7	10	99*	205	19,2	0,2
7	100	10	2	—	1	87*	300	19,6	0,35
8	100	10	2	—	5	91*	245	19,2	0,21
9	100	10	2	—	10	95*	235	19	0,09
СФ-121									
10	100	10	2	—	—	87*	235	17,1	0,36
11	100	10	2	10	—	85*	260	28,5	0,58
12	100	10	2	30	—	90*	235	14,8	0,35
13	100	10	2	7	1	81*	235	18,4	0,34
14	100	10	2	7	5	82*	210	19,2	0,26
15	100	10	2	7	10	71*	220	23,8	0,25
16	100	10	2	—	1	86*	230	17	0,31
17	100	10	2	—	5	86*	226	17,1	0,24
18	100	10	2	—	10	87*	218	16,4	0,19
19	100**	10	2	—	—	90	205	20,1	0,2

Примечание: \* — пенопласты получены по непрерывной технологии; \*\* — пенопласты получены в ограниченной форме; \*\*\* — в качестве НФФП или ОНФФП.

Таблица 2

№	Состав композиции, ч. по массе				Потери масс, %	Показатель горючести по КТ	Кажущая плотность пенопласта, кг/м <sup>3</sup>	Прочность пенопласта при изгибе, МПа	ККК × 10 <sup>-3</sup>	Расход полимера на 1 м <sup>2</sup> пенопласта, кг
	НФФП СФ-10	ГМТА	ЧХЭ-57	Наполнитель						
Периодический процесс										
1	100	10	2	—	17	0,18	95	0,28	2,9	84,83
2	100	10	2	10**	16	0,12	100	0,3	3	81,97
3	100	10	2	20**	11	0,12	102	0,32	3,2	77,28
4	100	10	2	30**	18	0,18	105	0,3	2,9	73,94
5	100	10	2	10*	17	0,13	90	0,27	3	73,77
6	100	10	2	20*	20	0,14	97	0,29	3	73,49
7	100	10	2	30*	30	0,23	110	0,31	2,9	77,46
Непрерывный процесс										
8	100	10	2	—	12	0,27	70	0,23	3,3	62,5
9	100	10	2	10*	10	0,15	73	0,25	3,4	59,84
10	100	10	2	20*	12	0,19	76	0,27	3,5	57,58
11	100	10	2	30*	15	0,2	77	0,25	3,2	54,22
12	100	10	2	10**	11	0,13	72	0,23	3,5	59,02
13	100	10	2	20**	12	0,15	75	0,27	3,6	56,82
14	100	10	2	30**	16	0,2	76	0,26	3,4	53,52

Примечание: \* — пенопласты наполнены древесной мукой, модифицированной составом фурфурол-ВАГ-57; \*\* — древесной мукой, модифицированной составом ЛСТ-ОЭХ.

шения их с растворами лигносульфоната (ЛСТ) и отработанного электролита хромирования (ОЭХ), являющимися крупнотоннажными отходами целлюлозно-бумажной промышленности и машиностроения. Обработанные опилки тщательно перемешивают и выдерживают при комнатной температуре в течение одних суток. За это время происходит пропитка опилок модифицирующим составом, удаление из опилок влаги и отверждение компонентов модифицирующей смеси. Затем опилки измельчают в мельнице до полного прохождения через сито 0,63 мм.

Из композиций, в состав которых вводили модифицированную древесную муку в количестве до 30 ч. по массе из расчета на 100 ч. НФФП, получали пенопластовые плиты на установке непрерывного формования.

Как видно из табл. 2, введение в состав композиций модифицированной древесной муки, позволяет снизить горючесть пенопластов в среднем на 20—30%. При этом наилучшие результаты получены при использовании 10—20 ч. по массе наполнителя из расчета на 100 ч. по массе полимера.

Следует обратить внимание на то, что пенопласты с использованием в качестве наполнителя модифицированной древесной муки имеют показатель горючести, идентичный пенопластам, наполненным ВПП и содержащим антипирен ТБФ-фосфорная кислота. В случае отсутствия антипирена в композиции, содержащей ВПП, пенопласты характеризуются более высокой горючестью в сравнении с пенопластами, полученными из композиций, где в качестве наполнителя использована модифицированная древесная мука. Кроме того, установлено, что вводя в композицию модифицированную древесную муку, удается снизить расход полимера в среднем на 3—5 кг при получении 1 м<sup>3</sup> пенопласта с кажущейся плотностью 80—100 кг/м<sup>3</sup>, вследствие того, что модификатор, пропитывая опилки и отверждаясь, образует «защитный слой» на их поверхности, предотвращая пропитку древесной муки расплавом полимера. Как видно из табл. 2, физико-механические свойства пенопластов (ККК — коэффициент конструктивного качества) практически не меняются.

В содружестве с Днепропетровским химико-технологическим институтом нами разработана компо-

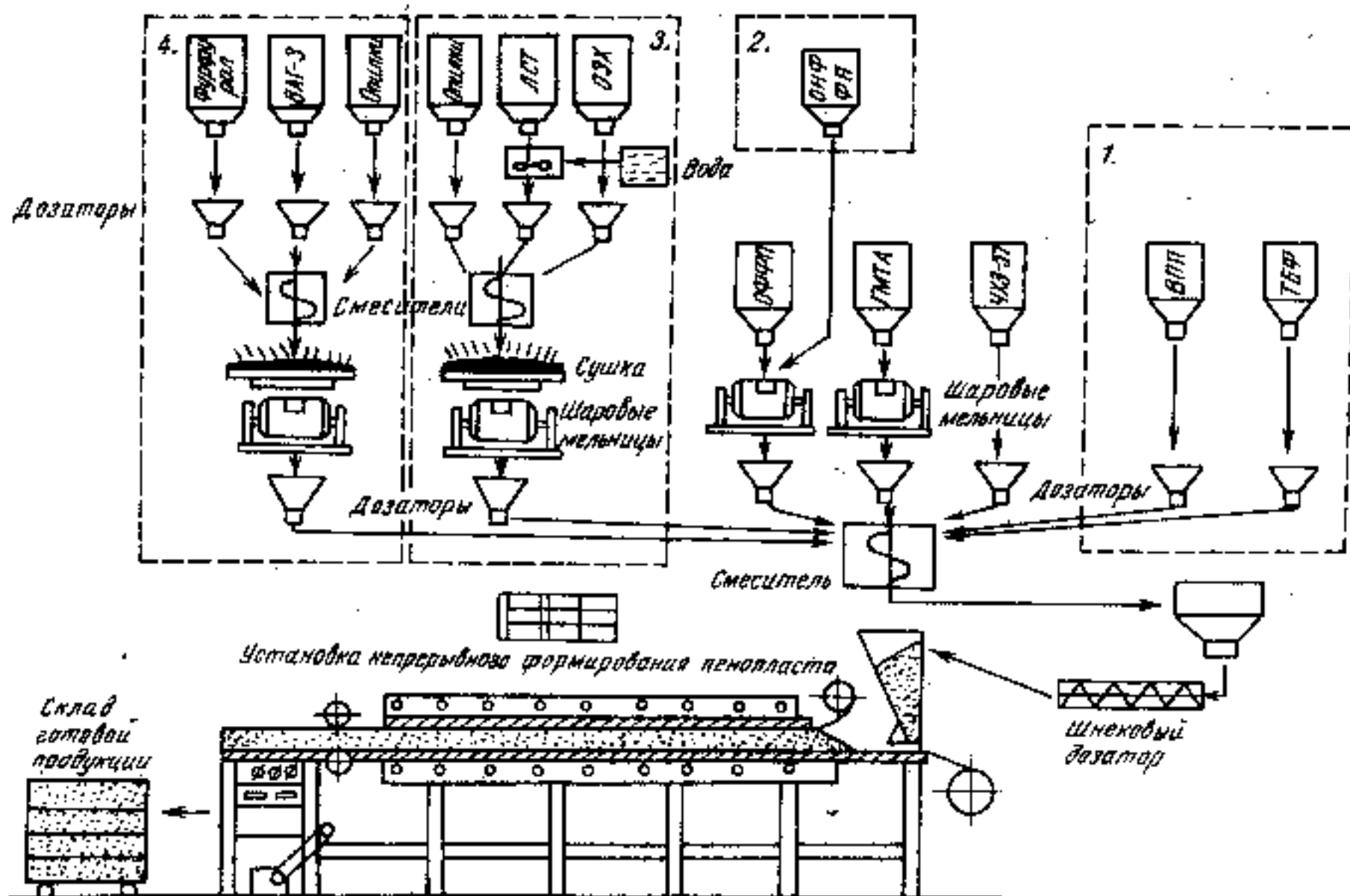
зиция на основе НФФП, при синтезе которого на стадии конденсации фенола с формальдегидом, в реакционную смесь был введен жидкий антипирен-модификатор «Редант-40», продукт модификации 3-бром-анилина, в количестве 20% от массы фенола [11]. Для сравнительной оценки горючести испытаны стандартные образцы пенопласта на основе огнесажащенного НФФП (ОНФФП) и исходного НФФП методом КТ. Результаты испытаний указывают на снижение показателя горючести при использовании ОНФФП (табл. 1, пример 19).

На основании проведенных исследований и полученных в лабора-

торных и заводских условиях результатов, нами разработана технологическая схема (см. рисунок) производства пенопластов пониженной горючести на основе novelных фенолоформальдегидных полимеров. Схема включает получение пенопластов четырьмя способами: из композиций с ВПП и кислотой ТБФ (1.), на основе ОНФФП (2.) и с использованием наполнителя модифицированной древесной муки (3., 4.).

Как видно из схемы, каждый способ состоит из трех основных стадий: подготовки компонентов, приготовления композиций и формования пенопластовых плит.

Смешанные подготовленные ин-



Технологическая схема производства пенопластов пониженной горючести на основе новолачных фенолоформальдегидных полимеров

редниентов производится в лопастном смесителе, откуда готовая композиция поступает в бункер-накопитель. Из бункера-накопителя через шнековый дозатор композицию подают в бункер установки непрерывного формования. Готовый пенопласт, выйдя из формующего нагревательного канала установки, режется на плиты необходимого размера, которые поступают на склад готовой продукции.

Производство пенопластов пониженной горючести с использованием наполнителя модифицированной древесной муки эффективно тем, что достигается увеличение выпуска пенопластов на 5-10% при снижении расхода новолачных фенолоформальдегидных полимеров с вовлечением в производство многотоннажных не утилизируемых и вредных продуктов целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности и машиностроительных производств. В результате образования водостойких комплексов связующих на основе лигносульфонатов и фурфурола, обеспечивается возможность их применения в композициях с древесными опилками в качестве антипирена-наполнителя пенопластов на основе

фенолоформальдегидных полимеров новолачного типа.

Предложенная технология позволяет получать пенопласты, используя действующее оборудование, практически без дополнительных переделов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полуянов А. Ф., Исакович Г. А., Яхонтова Н. Е. Легкие ограждающие конструкции с эффективными утеплителями // Пластические массы. 1974 -- № 11. -- С. 20-23.
2. Андрианов Р. А., Пономарев Ю. Е. Пенопласты на основе фенолоформальдегидных полимеров. -- Изд. Ростовского университета. 1987. С. 31-33.
3. Воробьев В. А., Андрианов Р. А. Полимерные теплоизоляционные материалы. -- М.: Стройиздат, 1972. -- С. 205.
4. А. С. 736601 СССР Композиция для получения пенопласта / Г. М. Черехова, Ю. Г. Горбачев, В. А. Огоньянц и др. СССР // Изобретения в СССР и за рубежом. -- 1982. -- № 30.
5. Пономарев Ю. Е. Снижение расхода фенолоформальдегидных полимеров при получении теплоизоляционных материалов // Строительные материалы. 1981. № 8. С. 28-29.
6. Пономарев Ю. Е. Пенопласты на основе фенолоформальдегидных олигомеров // Использование пенопластов в легких конструкциях. Тр. ЦНИИСК им. Кучеренко. -- М., 1985. С. 134-142.
7. Пономарев Ю. Е., Розенфельд Е. Л. Влияние антипиренов на термостойкость и деструкцию композиций и пенопластов на основе новолачных фенолоформальдегидных олигомеров // Тезисы докладов Первой Международной конференции по полимерным материалам пониженной горючести. Т. 2 - Алма-Ата, 1990. -- С. 101-103.
8. Баратов А. Н., Андрианов Р. А., Кирозьченко А. Я., Михайлов Д. С., Ушаков В. А., Флинт Л. Г. Пожарная опасность строительных материалов. М.: Стройиздат. 1988 -- С. 51-53.
9. Пономарев Ю. Е., Тимонов А. В., Пономарев Г. Г., Либзон А. А., Андрианов Р. А., Флинт Л. Г. Влияние наполнителей на горючесть пенопластов // Пластические массы. 1983. № 3. С. 57-58.
10. Яковлева М. Я., Андрианов Р. А., Долмазанов Г. А. и др. Полимерные теплоизоляционные материалы на основе фурфурола // Тезисы докладов Московской городской конференции «Технический прогресс и ускорение строительства». М., 1988. -- С. 35-36.
11. Пономарев Ю. Е., Розенфельд Е. Л., Варлаан К. Е. Пенопласты с пониженной горючестью на основе модифицированных новолачных фенолоформальдегидных олигомеров // Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции. Часть 3. Алма-Ата, 1990.

Ф.И. АЗИМОВ, канд. техн. наук, А.Е. АНТИПОВ, канд. техн. наук  
(Казанский инженерно-строительный институт)

## Исследование безусадочных фурановых полимеров как гидроизоляционных материалов

Фурановые смолы получили широкое распространение как связующие в защитных полимерных растворах и бетонах. Применение их как окрасочных гидроизоляционных материалов ограничено из-за значительной объемной усадки (до 8 %) и высоких внутренних напряжений, достигающих до 3,2 МПа, что связано с трещинообразованием изоляционных покрытий. Перед авторами стояла задача по устранению этих недостатков.

Известно несколько способов снижения деформации терморезактивных смол: уменьшением доли связующего за счет наполнителя и введением расширяющих полимердобавок. В качестве расширителей, например, применяют полуводный гипс, цинковую пыль, форполимер и кероген кукерсольного сланца.

Метод расширения полимерной смеси полуводным гипсом, предложенный Н. Н. Остер-Волковым, основан на химизме твердения гипса с превращением в двуводный, что вызывает увеличение объема последнего до 1 % [1]. Однако этот способ малоэффективен, так как уменьшение объемной усадки составляет лишь 30—40 %, одновременно снижаются прочность и водостойкость фурановой композиции [2].

Процесс расширения фурфурацетонного полимера цинковой пылью изучен в НИИЖБ достаточно хорошо. Он основан на расширении олигомера водородом, выделяющимся в результате химической реакции между бензолсульфокислотой и цинком. Это связано с повышенным расходом отвердителя, к тому же снижается водонепроницаемость защитных покрытий из-за образования в них сквозных пор выделяющимся водородом.

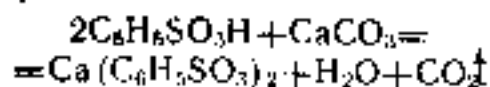
В последние годы с целью увели-

чения производства полимербетона на основе фурановых олигомеров применяют форполимеры и кероген кукерсольного сланца. Форполимеры снижают объемную усадку полимера лишь на 50 %, а кероген делает полимерную смесь безусадочной, при этом прочностные характеристики не снижаются. Известен также эффект расширения фурановых олигомеров кремнийорганической жидкостью. В этом случае наблюдается некоторое разрыхление структуры и снижение прочности полимера.

Таким образом, при расширении полимерной смеси водородом уменьшается герметичность изоляции покрытия, изготовленного из нее. Кроме того, силиконы дороги и дефицитны.

Был предложен новый метод расширения фурановых композиций — двуокисью углерода. Этот газ тяжелее воздуха и образует замкнутые поры в полимерной композиции [3]. Расширение полимерной смеси происходит в результате химической реакции между бензолсульфокислотой (БСК) и карбонатом кальция, а также между мономером ФАМ и отвердителем.

Исследована химическая реакция между бензолсульфокислотой и карбонатом кальция (мелом). Бензолсульфокислота — типичный представитель сульфолпроизводного соединения ароматического ряда, содержащего ароматическое ядро и сульфогруппу  $\text{SO}_3\text{H}$ . Последняя, обладая свойствами сильного электрофила, характеризуется значительной активностью и вступает в реакцию с карбонатом кальция по реакции:



В результате этой реакции образуется угольная кислота. Она нестабильна и распадается на

воду ( $\text{H}_2\text{O}$ ) и двуокись углерода ( $\text{CO}_2$ ). Выделившийся углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) является расширителем полимера.

Предложенная газонаполненная фурфурацетонная композиция представляет собой дисперсную систему, в которой дисперсной фазой является углекислый газ, а дисперсионной средой — отвержденный мономер. Объем дисперсионной фазы в безусадочной композиции составляет в исследуемых составах около 7—8 %. С увеличением содержания расширяющего агента ( $\text{CaCO}_3$ ) в мономере свыше 0,5 ч. (по массе) возрастает количество двуокиси углерода в полимере. Так, при содержании  $\text{CaCO}_3$ , равном 8 ч. и выше на 100 ч. мономера, полимер приобретает свойства пенопласта, в котором количество газов  $\text{CO}_2$  составляет более 50 %.

В процессе газонаполнения полимера пузырьки углекислого газа фиксируются по мере отверждения мономера. Образование и увеличение газовых пузырьков в полимере прекращается, когда наступает равновесие между давлением газа и упругостью полимера [4].

Количественная оценка процесса газонаполнения фуранового полимера определялась избыточным давлением газа в порах полимера, температурным режимом отверждения фуранового мономера, некоторыми физическими параметрами расширяющего агента и факторами времени подъема полимера под действием дисперсионной фазы.

Значения параметров газонаполнения фуранового полимера при температурном режиме отверждения 25—30 °С приведены ниже.

Высота подъема полимера, % от первоначальной толщины . . . . .	8	9
Время от начала смешения компонентов до начала подъема полимера (время индукции) (мин) . . . . .	40	50
Время подъема полимера, ч . . . . .	6	7

Давление углекислого газа в индимере, МПа	0,02	0,03
Вязкость центрированной смеси, с	35	41
Средний диаметр пор в количествах $\Delta$ , при размере частиц мела 0,2-0,3 мкм	3,5-4	

Гидроизоляционный материал, нанесенный ровным слоем на изолируемую поверхность, после возникновения адгезионной связи с ней в процессе пленкообразования становится гидроизоляционным покрытием. Качество такого покрытия во многом зависит от физико-механических свойств гидроизоляционного материала. Поэтому были исследованы основные свойства фурфуролацетонного полимера, расширенного карбонатом кальция: разрушающие напряжения при сжатии, изгибе и ударная вязкость. Образцы полимера до испытания отверждались при температуре 18—20 °С в течение 30 сут.

При введении расширяющего агента в мономер ФАМ в количестве 0,5 ч. (по массе) улучшаются основные физико-механические свойства фуранового полимера: прочность при сжатии увеличивалась с 75 до 91 МПа, т. е. на 21 %, при изгибе — с 15 до 15,75 МПа — на 5 % и ударная вязкость — с 2 до 3 кДж/м<sup>2</sup>, т. е. на 50 %.

Рассмотрим с теоретической точки зрения фактор увеличения прочности отверждения безусадочных фурановых композиций в свете сопротивления полимерного покрытия механическому воздействию.

Сначала решаем задачу о сжатии куба с ребрами  $H$  полимерной композиции без пузырьков (см. рис. 1, а). Пусть при этом под действием равнодействующей нагрузки  $P=q_0S$  куб разрушается по

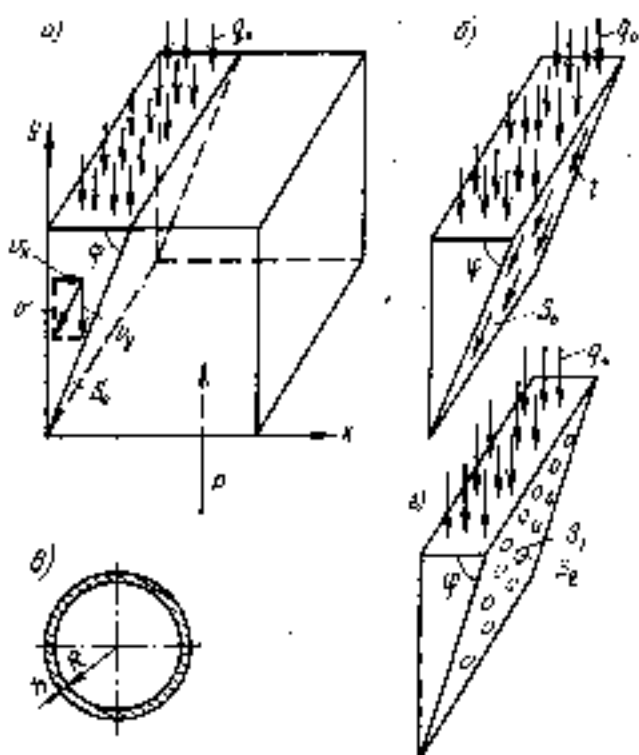


Рис. 1. Схемы действия сил равнодействующих на образцы полимерной композиции

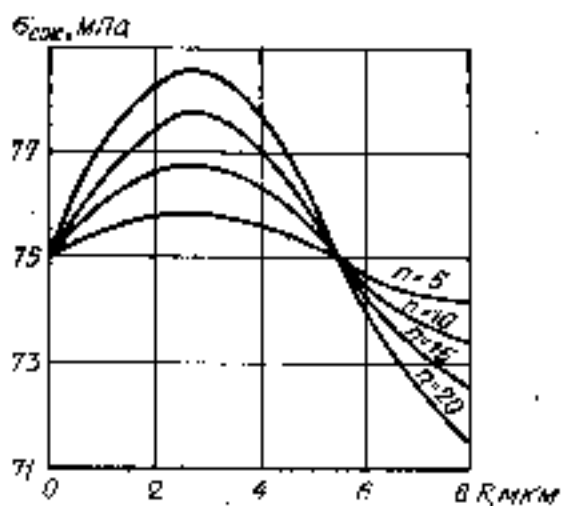


Рис. 2. Зависимость предела прочности образцов полимерного материала с пузырьками от радиуса и количества их на площади среза

площадке  $S_0$  под углом  $\varphi$  к оси абсцисс (см. рис. 1, б).

Записывая закон сохранения энергии при предположении, что левая часть куба движется со скоростью  $\dot{v}$ , получим:

$$q_0 S \cos \varphi \dot{v}_y = \tau S_0 \dot{v}, \quad (1)$$

где  $\tau$  — предельное касательное напряжение для рассматриваемого полимера.

Теперь рассмотрим наличие в испытываемом кубе пузырьков. Поскольку на поверхности пузырька имеется пленка поверхностного натяжения, то после полимеризации смолы эту пленку можно рассматривать как сферическую оболочку толщиной  $h$  с радиусом  $R$  (см. рис. 1, в).

Предположим, что разрушение образцов с пузырьками происходит под тем же углом  $\varphi$ , и напишем закон сохранения энергии:

$$q S_0 \cos \varphi \dot{v}_y = \tau (S_0 - S_1) \dot{v} + \tau n S_2 \dot{v}, \quad (2)$$

где  $\tau_n$  — предельное касательное напряжение для материала оболочек;  $n$  — число пузырьков на плоскости  $S_0$ ;  $S_1 = \pi R^2$  — площадь среза пузырька;  $S_2 = 2\pi R h$  — площадь среза оболочки.

Учитывая, что  $\dot{v}_y = \dot{v} \sin \varphi$ , из уравнений (1) и (2) находим:

$$\frac{q}{q_0} = 1 + \frac{\tau_n \pi R^2 n}{\tau S_0} \left( \frac{2h}{R} - 1 \right). \quad (3)$$

Введем понятие коэффициента  $\eta = \frac{\tau_n}{\tau} \frac{2h}{R}$ , значение которого можно определить, используя экспериментальные данные.

$$\text{Имеем } \frac{q}{q_0} = \frac{91}{75} = 1,213 \approx 1,2.$$

Для отыскания суммарной площади среза пузырьков примем закон их расположения по углам квадрата с шагом  $l$ , тогда отношение  $\frac{\pi R^2 n}{S_0}$  будет иметь вид:

$$\frac{\pi R^2 n}{S_0} = \frac{\pi R^2}{l^2}$$

При  $R=4$  мкм и  $l=10$  мкм получим:

$$\frac{\pi R^2}{l^2} = \frac{3,14 \cdot 16}{100} = \frac{50,24}{100} \approx 0,502.$$

Тогда из уравнения (3) находим коэффициент:

$$\eta = \left( \frac{0,2}{0,502} + 1 \right) R = 1,393 \cdot 4 = 5,58.$$

Само же уравнение (3) можно записать как:

$$\frac{q}{q_0} = 1 + \frac{\pi R^2}{S_0} \left( \frac{5,58}{R} - 1 \right) \quad (4)$$

Последнее уравнение позволяет построить графики зависимости пределов прочности образцов полимерного материала с пузырьками от их радиуса и количества на площади среза (рис. 2).

Из рисунка видно, что при радиусе пузырьков газа меньшем 5,58 мкм наблюдается упрочнение полимерного материала. При увеличении размеров пузырьков газа прочность полимерного материала падает, что подтверждается и экспериментально.

Таким образом, с целью улучшения качества гидроизоляционных материалов, полученных из фурановых смол, предложен новый эффективный способ газонаполнения полимера углекислым газом посредством введения 0,5 ч. (по массе связующего) мелкодисперсного порошка карбоната кальция на 100 ч полимера ФАМ для предупреждения объемной усадки.

Экспериментальные и теоретические исследования показали, что при образовании пузырьков углекислого газа радиусом около 5 мкм в отвержденном индимере прочностные показатели безусадочных газонаполненных фурановых композиций возрастают на 20-40 %, а благодаря снижению или ликвидации внутренних напряжений полимера повышается трещиностойкость покрытия и исключается отслаивание его от основания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Остер-Волков И. Н., Игнатьев В. И. Новые синтетические материалы. Госиздат, СССР, 1961.
2. Чагуров В. В., Шуляев Н. Е. Мастичи, полимербетоны и полимерстяжаты. М.: Стройиздат, 1975.
3. Демин Ф. П., Антипов А. Е., Загидуллин Э. Х. Регулирование объемной усадки фурфуролацетонного полимера газонаполнением // Строит. материалы. 1984. № 4.
4. Берлин А. А., Шугаев Ф. А. Химия и технология газонаполненных высокополимеров. М.: Наука, 1980.
5. Берлин А. А., Шугаев Ф. А. Пеннополимеры на основе реакционноспособных олигомеров. М.: Химия, 1978.

## Оптимизация свойств перлитобentonитовых изделий

Статистические методы исследования многокомпонентных систем в прикладной науке в настоящее время завоевали прочную основу. Один из таких методов исследований и полученное с помощью его математическое описание сырьевой композиции использованы для получения перлитобentonитовых изделий.

Предварительный анализ экспериментальных данных 25 партий лабораторных образцов показал, что организовать чисто активный планируемый эксперимент по выбранным факторам не представляется возможным, так как три из шести факторов стабилизировать на заданном уровне невозможно. В связи с этим, идентификация свойств перлитобentonитовых изделий выполнялась с использованием корреляционно-регрессионного анализа результатов пассивного эксперимента.

Статистическим исследованиям с целью получения математических моделей были подвергнуты в качестве функций отклика предел прочности при сжатии готового изделия  $y_1$  и плотность его  $y_2$ . В качестве факторов исследовались переменные: насыпная плотность перлита  $x_1$ ; замкнутая пористость  $x_2$ ; содержание фракции 0,315—0,63 мм в перлите  $x_3$ ; содержание связующего  $x_4$ ; водосодержание массы  $x_5$ ; капиллярное поглощение перлита  $x_6$ .

В общем виде связь между факторами  $x_i$ ,  $x_j$  и функцией отклика  $y_1$  и  $y_2$  в статике задается полиномиальным уравнением вида

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{\substack{i=1 \\ j>i}}^k \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \dots \quad (1)$$

с коэффициентами регрессии  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_{ij}$ ,  $\beta_{ii}$ , ...

Логика появления полинома (1), как математической модели объек-

та исследования, можно изложить следующим образом. Математическую модель объекта принципиально можно представить дифференциальными уравнениями, так как необходимых сведений о природе явлений в объекте не имеется, сделать это нельзя. Однако в общем виде искомое решение можно представить функцией.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n), \quad (2)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_k$  — факторы;  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  — коэффициенты модели.

Тогда коэффициенты  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$  полинома (1) можно интерпретировать как коэффициенты ряда Тейлора, в который можно разложить функцию (2) в окрестности некоторой точки  $x_0$  с координатами  $x_{10}, x_{20}, \dots, x_{k0}$ .

Обычно используют полиномы не выше второго порядка, тогда коэффициент  $\beta_0$  представляет собой константу и определяет значение функции (2) в точке разложения в ряд Тейлора, т. е. точке  $\bar{x}_0$ . Коэффициенты  $\beta_i, \beta_{ij}, \beta_{ii}$  выражают влияние на выходной параметр  $y$  соответственно фактора  $x_i$ , совместного влияния факторов  $x_i$  и  $x_j$  и влияние каждого фактора на величину кривизны параметра  $y$ , т. е. влияния  $x^2$ .

Пользуясь методом наименьших квадратов (МНК), удастся по данным пассивного эксперимента вычислить коэффициенты полинома (1). Однако, учитывая статистическую природу рассматриваемых процессов, а также конечность экспериментальных данных можно получить оценки  $b_0, b_1, b_{ij}, b_{ii}$  коэффициентов  $\beta_0, \beta_1, \beta_{ij}$  и  $\beta_{ii}$ . Для получения оценок  $b_0, b_1, b_{ij}, b_{ii}$  коэффициентов полинома (1) МНК необходимо последний линеаризовать. С этой целью эффекты взаимодействия  $x_i x_j$ ,  $i, j = 1, \dots, k$ ,  $i \neq j$  необходимо заменить фиктивными факторами  $x_m$ ,  $m = 1, \dots, r$ , а квадраты факторов  $x_i^2$  фиктивными факторами  $x_n$ ,  $n = 1, \dots, k$ .

Используя алгоритм множественной линейной регрессии и его реализацию в виде машинной программы *MLREG* на языке ФОРТРАН-4 для каждого из откликов  $y_1$  и  $y_2$  было рассчитано по четыре модели: линейная модель, включающая только факторы  $x_i$ ,  $i = 1, \dots, k$ ; модель, включающая факторы  $x_i$  и их квадраты  $x_i^2$ , т. е. модель размерностью  $i = 1, \dots, 2k$ ; модель, включающая факторы  $x_i$  и эффекты взаимодействия  $x_i x_j$ , т. е. модель размерностью  $(k+r)$  и модель полного полинома второй степени размерностью  $(2k+r)$ .

Выбор наилучшей модели для откликов  $y_1$  и  $y_2$  из полученных четырех решений производится исходя из наибольшего значения отношения  $k = F_0/F_1(e, q_1, q_2)$ , где  $F_0$  — фактическое значение критерия Фишера, вычисленное программой *MLREG*;  $F_1(x, q_1, q_2)$  — табличное значение критерия Фишера для уровня значимости  $e$  и числа степеней свободы числителя  $q_1 = n$  и знаменателя  $q_2 = N - n - 1$ , где  $n$  — количество независимых переменных (сумм всех факторов, включая фиктивные), а  $N$  — количество проведенных опытов.

Для предела прочности при сжатии перлитобentonитовых изделий оптимальной моделью будет модель

$$\hat{y}_1 = -0,55542 + 0,009768 x_1 + 0,00246 x_2 - 0,0085055 x_3 + 0,012954 x_4 + 0,002736 x_5 - 0,019867 x_6, \quad (3)$$

где  $\hat{y}_1$  — оценка предела прочности при сжатии, рассчитываемая по модели (3).

Плотность готовых перлитобentonитовых изделий описывается оптимальной моделью

$$\hat{y}_2 = 57,357 - 4,6836 x_1 - 0,32337 x_2 + 3,5922 x_3 + 7,924 x_4 + 1,5479 x_5 + 5,2379 x_6 + 0,040861 x_1^2 - 0,00522 x_2^2 - 0,17768 x_3^2. \quad (4)$$

Таблица 1

Целевая переменная (фактор) $x_i$	Среднее значение независимой переменной	Среднеквадратическое отклонение независимой переменной	Пределы изменения независимой переменной		Размерность независимой переменной	Парный коэффициент корреляции между $x$ и $y$		Среднеквадратические отклонения коэффициента регрессии		Критерий Стьюдента для коэффициента регрессии	
			min	max		Модель $y_1$	Модель $y_2$	Модель $y_1$	Модель $y_2$	Модель $y_1$	Модель $y_2$
$x_1$	84,2	31,414	50	155	кг/м <sup>3</sup>	0,64771	0,87919	0,0031383	1,6477	3,1126	2,8425
$x_2$	49,927	16,324	6,24	66,42	% от объема перлита	0,23862	0,062606	0,0049035	1,7711	0,49264	0,18253
$x_3$	40,852	13,195	20	68	% от массы перлита	0,35901	0,54721	0,0077707	4,2876	1,10946	0,83779
$x_4$	18,512	7,4378	5,2	33,3	% от массы готового изделия	0,11798	0,32379	0,011264	4,417	1,15	1,794
$x_5$	139,93	40,459	82,1	224,8	г/л	0,43806	0,26849	0,0018504	0,76867	1,4787	2,0138
$x_6$	7,56	4,5376	1	16	% от массы перлита	0,4056	0,40204	0,023609	7,6319	0,84151	0,68604
$x_7 = x_1^2$	8 037	690 464	--	--	--	--	0,89913	--	0,0092343	--	4,4249
$x_8 = x_1$	2649,7	1261,1	--	--	--	--	0,087593	--	0,027583	--	0,18301
$x_9 = x_1^3$	1 836	1183,2	--	--	--	--	0,56526	--	0,051358	--	0,97864
$x_{10} = x_1^4$	395,89	285,67	--	--	--	--	0,31014	--	0,10754	--	1,4231
$x_{11} = x_1^5$	21 032	11 841	--	--	--	--	0,25488	--	0,0026696	--	1,9553
$x_{12} = x_1^6$	75,92	85,976	--	--	--	--	0,27129	--	0,3689	--	0,48034

Статистические характеристики для полученных с помощью программы *MLREG* математических моделей (3) и (4) приведены в табл. 1 и 2.

Поскольку величиной, измеряющей эффективность набора независимых переменных как предикторов, служит множественный коэффициент корреляции, одно из решений упомянутой проблемы сводится к регрессии  $y$  по всем возможным подмножествам независимых переменных и выбору наилучшего подмножества согласно следующей процедуре. Среди всех подмножеств переменных  $x_i$  размерности  $m$  выбирается подмножество  $z_m$ , которому соответствует наибольшее значение множественного коэффициента корреляции. Для подмножества  $z_1$  с помощью статистики  $F$  проверяется гипотеза о том, что добавление оставшихся  $(n-1)$  переменных не улучшает оценку  $\hat{y}$ . Если эта гипотеза отвергается, то проверяется аналогичная гипотеза о том, что добавление в подмножество  $z_2$  оставшихся  $(n-2)$  переменных не улучшает оценку  $\hat{y}$ .

Такая последовательная проверка осуществляется до тех пор, пока для некоторого подмножества  $z_m$ ,  $1 \leq m \leq n$ , не принимается гипотеза об отсутствии улучшения оценки  $\hat{y}$  при добавлении  $(n-m)$  оставшихся переменных  $x_i$ . Подмноже-

Таблица 2

Статистическая характеристика	Модель $y_1$	Модель $y_2$
Среднее значение зависимой выходной переменной	0,5124	235,52
Минимальное значение зависимой выходной переменной	0,13	131,0
Максимальное значение зависимой выходной переменной	1,64	341,0
Среднеквадратическое отклонение зависимой выходной переменной	0,40464	73,3
Коэффициент множественной корреляции	0,70102	0,95857
Стандартная ошибка оценки выходной зависимой переменной	0,29647	21,751
Фактическое значение критерия Фишера	4,4514	21,713
Табличное значение критерия Фишера	2,66	2,89
Отношение $K = F_{\text{ф}}/F_{\text{т}}(\cdot, q_1, q_2)$	1,6734586	8,07171472

ство  $z_m$  является наилучшим подмножеством переменных  $x_i$ ,  $i=1, \dots, m$  для оценки  $\hat{y}$ , поскольку ему соответствует наибольшее значение коэффициента множественной корреляции  $R$  среди всех подмножеств размерности  $m$ ; добавление оставшихся  $(n-m)$  переменных  $x_i$  не улучшает значимо оценку  $\hat{y}$ .

Методика выбора эффективного набора независимых переменных  $x_i$  размерностью  $m$  из набора размерностью  $n$  реализуется с помощью алгоритма пошаговой множественной регрессии, в котором на каждом шаге регрессии  $i=1, 2, \dots, n$  применяется сокращенный метод Дулиттла для вычисления требуемых статистик. Реализован алгоритм был с помощью машинной программы *SWMR* на языке ФОРТРАН-4.

С помощью указанной программы *SWMR* был проведен пошаго-

вый регрессионный анализ полученных ранее математических моделей (3) и (4). Результаты пошагового регрессионного анализа для исследуемых полных моделей (3) и (4) приведены соответственно в табл. 3 и 4.

Анализ результатов пошаговой регрессии показал, что для функции отклика  $\hat{y}_1$  фактор  $x_6$  возможно исключить из модели (3) ввиду его незначительного влияния. Для функции отклика  $\hat{y}_2$  нет необходимости учитывать квадрат фактора  $x_1^2$ .

Уточненные математические модели  $\hat{y}_1 = f(x)$  и  $\hat{y}_2 = f(x)$  с помощью пошаговой регрессии примут вид:

$$\hat{y}_1 = -0,99501 + 0,010588x_1 + 0,015075x_4 + 0,0051464x_2 + 0,00214x_5 - 0,0052487x_3, \quad (5)$$



Таблица 3

Вариант независимых переменных $x_i$	Вид модели для $\hat{y}_i$	Номер шага $i$	Множественный коэффициент корреляции $R$	Сумма квадратов сокращенная на шаге $i$	Относительная сумма квадратов сокращенная на шаге $i$
$x_1$	$\hat{y}_1 = f(x_1)$	1	0,6477	1,6486	0,41952
$x_4$	$\hat{y}_2 = f(x_1, x_4)$	2	0,69582	0,33848	0,086135
$x_2$	$\hat{y}_3 = f(x_1, x_4, x_2)$	3	0,70535	0,13256	0,33734
$x_6$	$\hat{y}_4 = f(x_1, x_4, x_2, x_6)$	4	0,71152	0,11234	0,028587
$x_3$	$\hat{y}_5 = f(x_1, x_4, x_2, x_6, x_3)$	5	0,76259	0,053327	0,01357
$x_5$	$\hat{y}_6 = f(x_1, x_4, x_2, x_6, x_3, x_5)$	6	0,70102	0,06224	0,015839

Таблица 4

Вариант независимых переменных $x_i$	Вид модели $\hat{y}_i$	Номер шага $i$	Множественный коэффициент корреляции $R$	Сумма квадратов сокращенная на шаге $i$	Относительная сумма квадратов сокращенная на шаге $i$
$x_7 = x_1^2$	$\hat{y}_7 = f(x_1)$	1	0,89913	10425,0	0,80844
$x_4$	$\hat{y}_8 = f(x_1, x_4)$	2	0,92255	6300,1	0,048857
$x_1$	$\hat{y}_9 = f(x_1, x_4, x_1)$	3	0,93022	2481,4	0,019243
$x_6$	$\hat{y}_{10} = f(x_1, x_4, x_1, x_6)$	4	0,94748	1380,1	0,033968
$x_{10} = x_1^3$	$\hat{y}_{11} = f(x_1, x_4, x_1, x_6, x_1^3)$	5	0,95245	1559,4	0,012093
$x_2, x_3$	$\hat{y}_{12} = f(x_1, x_4, x_1, x_6, x_1^3, x_2, x_3)$	6	0,95352	711,28	0,0055159
$x_5$	$\hat{y}_{13} = f(x_1, x_4, x_1, x_6, x_1^3, x_2, x_3, x_5)$	7	0,95292	377,09	0,0029243
$x_1$	$\hat{y}_{14} = f(x_1, x_4, x_1, x_6, x_1^3, x_2, x_3, x_5, x_1)$	8	0,95514	881,17	0,0068335
$x_{12} = x_1^4$	$\hat{y}_{15} = f(x_1, x_4, x_1, x_6, x_1^3, x_2, x_3, x_5, x_1^4)$	9	0,95478	411,28	0,0031895
$x_5$	$\hat{y}_{16} = f(x_1, x_4, x_1, x_6, x_1^3, x_2, x_3, x_5, x_1^4, x_5)$	10	0,95245	116,85	0,00090614
$x_{11} = x_1^5$	$\hat{y}_{17} = f(x_1, x_4, x_1, x_6, x_1^3, x_2, x_3, x_5, x_1^4, x_5, x_1^5)$	11	0,96148	1798,9	0,01395
$x_6 = x_1^6$	$\hat{y}_{18} = f(x_1, x_4, x_1, x_6, x_1^3, x_2, x_3, x_5, x_1^4, x_5, x_1^6)$	12	0,95857	15,823	0,00012271

$$\hat{y}_6 = 67,538 - 0,040834x_1^2 + 7,9799x_4 - 4,6814x_1 + 5,713x_6 - 0,15252x_1^3 - 0,043591x_3^2 - 0,63346x_2 + 0,0475x_3 - 0,19526x_5^2 + 1,5241x_5 - 0,005149x_5^3 \quad (6)$$

Математические модели пошаговой регрессии (5) и (6) предполагаются на следующем этапе усовершенствования перлитобетонитовых изделий использовать для решения оптимизационной задачи, преследующей цель получения этих изделий с максимально возможным пределом прочности на сжатие при минимальной плотности изделия.

В целом описанный подход и разработанные программы позволяют статистическими методами по экспериментальным данным получать математические описания свойств любых готовых многокомпонентных строительных материалов и изделий от характеристик сырья и параметров исходной смеси, из которой изготавливается готовое изделие.

## ВНИМАНИЮ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ Кохомский завод «СТРОММАШИНА»

принимает заказы на проектирование, изготовление и поставку по прямым договорам из материала заказчика: форм металлических для изготовления (формования) горизонтальным способом железобетонных изделий на конвейерных, полуконвейерных и агрегатно-поточных линиях.

\* По вопросу заключения договоров, получения справок обращаться по адресу:  
155110, г. Кохма Ивановской обл., ул. Кочетовой, завод «Строммашина».  
Телефоны: (09322) 5-35-47, 5-18-61.

УДК 678.7

## Полимерные материалы на службе у строительства

Полимерцементная смесь для отделки бетонных, гипсобетонных, асбестоцементных и оштукатуренных фасадных поверхностей зданий в заводских и построчных условиях разработана Конструкторско-технологическим институтом концерна «Росгострой».

Смесь состоит из белого цемента, кварцевого песка, тонкомолотой дозавки, пигмента, водной дисперсии полимера (ПВАД или синтетического латекса СКС-65 ПИБ).

Готовят полимерцементную смесь централизованно в колерном цехе или на строительном объекте путем перемешивания сухих компонентов, водной дисперсии полимера и воды в стандартных растворосмесителях типа СБ-43.

Технология отделки состоит из подготовки поверхности под отделку — очистки от пыли и грязи, заделки раковин, нанесения фактурного слоя за два раза «набрызгом» с помощью отделочных агрегатов типа СО-150 или кружки-растропмета и компрессора СО-7Б.

Толщина отделочного слоя 2—3 мм.

Покрывают могут быть одно- и двухцветными. Для получения цветных покрытий используют пигменты с высокой атмосферо-щелочестойкостью: окись хрома, железный сурик, двуокись титана и др. и цветные цементы.

Для отделки поверхности полимерцементными смесями не требуется ее тщательной подготовки. Отделка долговечна, экономична. На 1000 м<sup>2</sup> отделки затраты труда составляют 8—9 чел.-дней. Долговечность отделки — до 20 лет.

Названный выше институт совместно с Отраслевой научно-исследовательской лабораторией при Нижегородском университете имени Н. И. Лобачевского и Центральной научно-исследовательской лабораторией ТСО «Липецкстрой» впервые в мировой и отечествен-

ной практике создали полимерную строительную композицию (ПСК) для склеивания полиэтилена различных марок, поливинилхлорида, тефлона в любых сочетаниях, а также термопластов со сталью, в том числе с нержавеющей, сплавами из алюминия и с чугуном.

Прочность клеевых соединений превышает прочность полимерных материалов. Через 6 ч после склеивания клеевое соединение достигает 70 % прочности при температуре окружающей среды 5—50 °С. Полное отверждение происходит через 24 ч.

Применение клеевых соединений взамен сварных при монтаже термопластовых трубопроводов, аварийном ремонте трубопроводов из полиэтилена различных марок, поливинилхлорида, чугуна, низколегированной стали, особенно в полевых условиях, позволяет экономить на стоимости оборудования, расходе электроэнергии, использовании инженерно-технических работников и рабочих высокой квалификации.

Производительность склеивания увеличивается по сравнению со сварным вариантом: при диаметре труб 50—225 мм — в 6 раз, при диаметре 450—1200 мм — в 8—12 раз.

Смонтированные участки внутренней и наружной канализации из полиэтиленовых труб в ТСО «Курскстрой», «Ульяновскстрой», в Нижнем Новгороде.

Полимерная строительная композиция (ПСК-1) для ремонта труб из полиэтилена, поливинилхлорида, а также чугуна и стали создана специалистами Конструкторско-технологического института и Нижегородского университета имени Н. И. Лобачевского. Она незаменима при аварийном ремонте трубопроводов.

ПСК-1 — акрилатная адгезивная композиция холодного отверждения склеивает при 10—30 °С полиэтилен различных марок, поли-

винилхлорид, чугун и низколегированные стали как между собой, так и в любом другом сочетании. Композиция отверждается за 48 ч и при этом достигается прочность склеиваемого полимерного материала. Не требуется предварительно обрабатывать поверхность склеиваемых материалов.

В зоне ремонта не нарушается экологическая обстановка, так как нет необходимости заменять поврежденную часть трубы и затем утилизировать замененную деталь.

Ашхабадским научно-исследовательским институтом сейсмостойкого строительства предложен антикоррозионный эпоксидно-госсилоловый лакокрасочный материал для антикоррозионной защиты металлических конструкций, эксплуатирующихся в средах с содержанием хлор- и сульфат-ионов (до 30 г/л, рН 5—9).

Антикоррозионный лакокрасочный материал состоит из следующих компонентов: эпоксидной смолы и госсиполламинного отвердителя. Отвердитель готовится по упрощенной технологии с использованием отходов масложировой промышленности. В него вводят также пигменты, чтобы получить покрытия различных цветов.

Лакокрасочный материал отличается от аналога — эмали 1156 повышенной жизнеспособностью при высокой температуре (при 40 °С — 3 ч). На металлическую поверхность его наносят любыми известными способами — кистью, валиком, краскораспылителем.

Основные физико-механические характеристики покрытия: продолжительность высыхания покрытия до степени 3 при 20 °С — не более 1 сут; твердость покрытия — не менее 0,5 усл. ед.; прочность при изгибе — не более 5 мм; адгезия к металлу — не более 2 бал.; водопоглощение покрытия — не более 3 %.

Использование в составе лако-

красочного материала отхода промышленности позволяет экономить до 50 % эпоксидной смолы, снизить в 1,5—2 раза его стоимость, улучшить защитные свойства покрытий.

Полимерные материалы, как известно, могут во многих случаях успешно заменять бетон, сталь, дерево. Это подтверждают и разработки Челябинского проектно-конструкторско-технологического ин-

ститута. Им создана новая конструкция водоуловительной решетки и оросителя для 4-секционной капельной градири из полимерных материалов вместо деревянных.

Водоуловительная решетка представляет собой каркас прямоугольной формы из полиэтиленовых труб диаметром 160 мм размером 1800 × 900 мм с рабочими элементами, изготовленными из половинок полимерных труб того же диаметра.

Ороситель представляет собой каркас в виде параллелепипеда размером 1770 × 1560 × 810 мм, внутри которого смонтированы несущие элементы и рабочие рейки, выполненные из полиэтиленовых труб диаметром 50 мм. Все элементы полиэтиленовой градири соединяются посредством сварки.

Экономия лилового материала составляет 5,6 м<sup>3</sup> на одну 4-секционную капельную градиру.

УДК 666.914-43

## Гипсовые вяжущие и изделия из них

Конструкторско-технологическим институтом Российского государственного строительного-промышленного концерна по строительству в южных районах РСФСР «Росюгстрой» совместно с Уральским политехническим институтом им. С. М. Кирова разработано гипсошлаковое вяжущее (ГШВ) повышенной водостойкости (ТУ 65.05 (75-84)). У него такие же сроки схватывания, как и у строительного гипса. В то же время ему присущи гидравлические свойства. И оно через 28 сут нормального твердения имеет марку в 1,5—2 раза выше, чем марка исходного гипса, и коэффициент водостойкости — не ниже 0,6.

Изделия и конструкции, изготовленные из гипсошлаковых вяжущих, обладают деформативностью и ползучестью приблизительно такими же, как конструкции из цементно-вяжущим.

Технология получения ГШВ проще, а стоимость его меньше в сравнении с другими сложными гипсовыми вяжущими — гипсоцементно-пуццолановым и известково-шлаковым, так как не требуется цемента, кремнеземистых добавок и извести.

Из гипсошлаковых вяжущих можно формировать стеновые блоки и панели, вентиляционные блоки плитный и монолитный утеплитель.

Сырьевыми компонентами для изготовления изделий и конструкций из ГШВ являются строительный гипс и молотый доменный или электротермофосфорный гранулированный шлаки, легкие и тяжелые заполнители, золы, шлаки, опилки и т. д.

Наиболее эффективен в качестве стенового материала гипсо-

шлакокерамзитобетон. На гипсе марки Г-4 получен материал с плотностью 1100 кг/м<sup>3</sup> и ниже, прочностью при сжатии 5—7,5 МПа, теплопроводностью 0,2—0,25 Вт/(м·°С), водостойкостью 0,5 и более, морозостойкостью — более 25 Мра.

Серийное производство крупно-размерных стеновых блоков из гипсошлаковых вяжущих организовано на Тульском заводе стройматериалов, а сантехкабин и вентиляционных блоков — на Новомосковском гипсовом комбинате (г. Воскресенск).

Выпуск изделий и конструкций из гипсошлаковых вяжущих можно организовать на существующих технологических линиях по производству гипсовых изделий практически без их переналадки или на заводах железобетонных изделий с частичной модернизацией оборудования.

Гипсовые декоративные изделия предлагает Челябинский проектно-конструкторско-технологический институт. Их применяют для декоративной отделки стен и потолков жилых и общественных зданий с сухим и нормальным влажностным режимом.

Изделия — огнестойкие, экологически чистые, придают поверхности красивый вид. Благодаря небольшим размерам и массе, удобны в работе. Изделия, окрашенные масляной краской или покрытые лаком, можно мыть водой.

Декоративная плитка выпускается 18 видов размерами от 150 × 150 до 320 × 320 мм. Потолочные карнизы, розетки, багеты и др. могут украсить помещение.

Декоративная отделочная плитка ЭВИНИТ имеет глянцевую ли-

цевую поверхность и предназначена для внутренней облицовки помещений с сухим и нормальным режимом. Ее изготавливают по литьевой технологии на основе магнезита.

Плитка АЛЕНИТ, формируемая на основе гипса марок Г-4; Г-5 и выше с использованием полифункциональных добавок рекомендуется для внутренней и наружной облицовки в промышленных и культурно-бытовых зданиях.

Акционерным предприятием КТБ «Стройиндустрия» разработана автоматизированная линия по производству мелкоштучных гипсовых плит со стыком лазогребневой конструкции. Плиты формируют в 10-отсечных кассетах по литьевой технологии с последующей их распалубкой методом выпрессовки. Изделия сушат на конвейере в шелевой сушилке. Из готовых плит формируют пакеты (по 10 шт. в каждом) и отгружают потребителю.

Высокое качество изделий и точность геометрических размеров позволяют вести сборку перегородок «насухо», без кладочного раствора и получать поверхность, готовую под окраску.

Технологическая линия по производству плит имеет ряд преимуществ по сравнению с зарубежными аналогами: это — возможность менять производительность, набирать линию из модулей по 15 тыс. м<sup>2</sup> в 1 год каждый; уменьшение массы оборудования в 4,5 раза; снижение мощности электродвигателей в 7 раз.

При разработке линии применен ряд технических новшеств, защищенных авторским свидетельством № 1303415.

УДК 666.336.1.621.1

И. Я. КИСЕЛЕВ, канд. техн. наук, А. Л. СИЛЬВЕСТРОВ, канд. техн. наук  
(НИИстройфизики Госстроя СССР)

## О международном межлабораторном сопоставлении результатов измерения теплопроводности теплоизоляционных материалов

Защита зданий и многих сооружений от теплопотерь зависит от теплопроводности теплоизоляционных строительных материалов. Поэтому весьма важным является достоверность результатов измерения этого технического показателя. Один из путей установления достоверности измеренных значений теплопроводности материала — межлабораторный обмен образцами, результатами измерений, а также анализ и сопоставление результатов измерения теплопроводности одних и тех же образцов, полученных на приборах различных лабораторий.

В 1985—1988 гг. Техническим комитетом 163 «Теплоизоляция» Международной организации по стандартизации ИСО было осуществлено международное межлабо-

раторное сопоставление результатов измерения теплопроводности теплоизоляционных материалов. Образцы, теплопроводность которых измеряли в лабораториях различных стран, были взяты из полужестких волокнистых плит на фенольном связующем. Плотность образцов равнялась 160 кг/м<sup>3</sup>.

В работе по сопоставлению результатов измерения теплопроводности материалов приняли участие 47 научно-исследовательских организаций из 22 стран всех континентов. Анализ полученных результатов показал их хорошее совпадение. Различия численных значений теплопроводности одних и тех же образцов, измеренных на оснащенных тепломерами приборах разных лабораторий при одной и той же средней температуре, не

превышали 6%. Научно-исследовательские институты нашей страны не принимали участия в этой работе.

В 1989—1991 гг. по инициативе НИИстройфизики проведено международное межлабораторное сопоставление результатов измерения теплопроводности строительных материалов, в котором приняли участие НИИстройфизики, ВПНИИтеплоизоляция (ныне институт «Теплоизоляция»), НИИ-Мосстрой, ВНИИтрансстрой, а также канадский Институт исследований в области строительства и Исследовательская лаборатория финской фирмы «Партек».

Наша сторона представила образцы, вырезанные из жестких минераловатных плит на фенольном связующем, выпускаемых Вильнюсским производственным объединением силикатных изделий (ПОСИ) и Ростовским заводом жестких минераловатных плит (ЗЖМП). Образцы канадской стороны были вырезаны из полужестких стекловолокнистых плит на фенольном связующем.

Плотность образцов, вырезанных из плит Вильнюсского ПОСИ, менялась от 181 до 314 кг/м<sup>3</sup>, а образцов, вырезанных из плит Ростовского завода жестких минераловатных плит — от 172 до 222 кг/м<sup>3</sup>. Плотность канадских образцов составила от 60 до 62 кг/м<sup>3</sup>.

Во всех лабораториях, принимавших участие в этой работе, теплопроводность материалов была измерена на приборах, оснащенных тепломерами, т. е. косвенным методом.

В лабораториях нашей страны измерения теплопроводности эффективных материалов проведены в соответствии с требованиями ГОСТ 7076—87 «Материалы и из-

Таблица 1

№ образца	Физические характеристики образцов							
	Плотность образца, кг/м <sup>3</sup>	Толщина образца, мм	Температура лицевых граней образца*, °С	Теплопроводность**, Вт/(м·К)	Расхождение результатов измерения, %	Температура тыловых граней образца*, °С	Теплопроводность**, Вт/(м·К)	Расхождение результатов измерения, %
1	181	38,4	+50 +30	0,0430 0,0381	+12,9	+39 +15	0,0408 0,0365	+11,8
2	314	40,2	+35 +12	0,0453 0,0412	+10	+35 +12	0,0442 0,0412	+7,3
3	172	47,3	+50 +30	0,0500 0,0413	+21,1	+40 +15	0,0433 0,0395	-9,6
4	222	46,5	+50 +30	0,0440 0,0433	+1,6	+38 +15	0,0481 0,0413	+16,5

Примечания. \* Над чертой — температура верхней грани образца в процессе испытания, под чертой — температура его нижней грани. \*\* Над чертой — теплопроводность образца, установленная по результатам измерения на отечественном приборе; под чертой — его теплопроводность, установленная по результатам измерений на приборе канадского Института исследований в области строительства.

дела строительные. Метод определения теплопроводности», а в лабораториях зарубежных стран — в соответствии с требованиями ИСО 8301 «Теплоизоляция. Определение термического сопротивления при стационарном тепловом режиме и связанных с ним теплофизических показателей. Метод тепломера».

Общее число образцов, теплопроводность которых была измерена в лабораториях названных выше институтов, составляло 20. В качестве иллюстрации представлены результаты измерения теплопроводности трех пар образцов (табл. 1, 2).

Образцы 1, 2 вырезаны из жестких минераловатных плит, изготавливаемых на фенольном связующем Вильнюсским ПОСИ, образцы 3, 4 — из таких же плит Ростовского ЗЖМП, образцы 5, 6 — жесткие стекловолокнистые плиты на фенольном связующем предоставлены канадской стороной.

Из данных, приведенных в табл. 1, 2, следует, что значения теплопроводности образцов, измеренные на приборах, которыми располагают НИИстройфизики, ВПНИИтеплоизоляция, НИИМосстрой, ВНИИтранстрой, на 10—20% больше, чем такие же показатели тех же образцов, зафиксированные на приборе канадского Института исследований в области строительства. Следует отметить, что, согласно результатам предварительной проведенной проверки прибора канадского Института исследований в области

Таблица 2

№ образцов	Физические характеристики образцов				Резкоидентные результаты измерения
	Плотность образцов, кг/м <sup>3</sup>	Температура лицевых граней*, °С	Теплопроводность**, Вт/(м·К)	Резкоидентные результаты измерения	
<i>Испытания на приборах НИИстройфизики</i>					
5	62	+30 +17	0,0385 0,0317	+21,5	
6	60	+30 +17	0,0378 0,0325		
<i>Испытания на приборах НИИМосстрой</i>					
5	62	+28 +16	0,0304 0,0315	3,5	
6	60	+28 +16	0,0358 0,0322		
<i>Испытания на приборах ВНИИтранстрой</i>					
5	62	+22 +16	0,0372 0,0310	+20	
6	60	+28 +22	0,0367 0,0326		

Примечания. Толщина всех образцов в процессе испытания — 25,4 мм. \*Над чертой — температура верхней грани образца и в процессе испытания, под чертой — температура его нижней грани. \*\*Над чертой — теплопроводность образца, установленная по результатам измерения на отечественном приборе; под чертой — его теплопроводность, установленная по результатам измерения на приборе канадского Института исследований в области строительства.

строительства, ошибка измерения теплопроводности эффективных теплоизоляционных материалов, полученного с его помощью не превышает 2%. Поэтому прове-

денное в 1989 и 1990 гг. сопоставление результатов измерения теплопроводности одних и тех же образцов на приборах различных институтов дает основание утверждать, что при измерении теплопроводности эффективных теплоизоляционных материалов на приборах НИИстройфизики, ВПНИИтеплоизоляция, НИИМосстрой и ВНИИтранстрой мы имеем постоянную ошибку, равную примерно +15%. Сопоставление результатов измерения теплопроводности одних и тех же образцов жестких минераловатных плит на приборах НИИстройфизики, ВПНИИтеплоизоляции и Исследовательской лаборатории финской фирмы «Партек», проведенное в 1991 г., подтвердило этот вывод.

В связи с полученными результатами сопоставления показателей измерения теплопроводности эффективных теплоизоляционных материалов представляются целесообразными следующие меры:

проведение научно-исследовательской работы по выявлению и устранению причины возникновения большой систематической ошибки измерения теплопроводности теплоизоляционных материалов на отечественных, оснащенных тепломерами, приборах;

нересмотр ГОСТ 7076-87 с целью приведения его в полное соответствие с требованиями стандарта ИСО 8301, так как ошибка измерения теплопроводности на приборах, соответствующих требованиям ИСО 8301, не превышает 3—4%.

## Измеритель теплопроводности

(С 3-й Международной выставки-ярмарки «Стройиндустрия-91»)

ВНИИТеплопроект продемонстрировал действующий прибор — измеритель теплопроводности ИТФ-ЗМП, предназначенный для определения теплопроводности различных веществ и материалов в сухом и влажном состоянии, в частности, для контроля и исследования теплопроводности теплоизоляционных материалов различного назначения, строительных материалов и изделий, в том числе бетона, а также грунтов, пластмасс, резин, веществ сыпучих и пастообразных.

Измеритель теплопроводности может быть использован в лабораторных и производственных условиях для контроля качества продукции, а также в системах контроля за состоянием теплоизоляции или технологического процесса.

Измеритель теплопроводности осна-

щен микропроцессором, цифровым индикатором, электронным секундомером и звуковым устройством, а также комплектом цилиндрических зондов диаметром 1,3 и 5 мм.

Техническая характеристика прибора: диапазон измерения — 0,01—5 Вт/(м·К); температурный диапазон применения зондов — 83—573 К; время измерения термостатированного образца материала — 12 мин; погрешность единичного измерения — не более 12%; погрешность результата 4 измерений — не более 7%. Количество подключаемых зондов 20 шт. Минимальный размер испытываемого образца, мм: теплоизоляционного материала — 50×50×200; бетонного образца — 70×70×300. Масса прибора — не более 12 кг.

УДК 691.21.622.24.05

В. Ф. БЫЗОВ, президент Академии горных наук Украины, Ю. Г. ВИЛКУЛ, член-корр. Академии горных наук Украины, А. Г. МАКСИМЧУК, канд. техн. наук (МСП «Лабрадорит»), С. Г. АГЕЕВ, канд. техн. наук (Институт литосферы АН СССР)

## Буровое оборудование для добычи природного камня

При добыче блоков прочных пород и пород средней крепости широко используются буровзрывной и буроклиновой способы отделения монолитов от массива и разделки их на кондиционирующие товарные блоки. При этом затраты на бурение шпуров ручными перфораторами составляли до 80 % себестоимости добываемых блоков. С целью уменьшения себестоимости блоков и повышения эффективности горных работ на карьерах природного камня целесообразно использовать буровое оборудование, повышающее производительность добычного процесса и снижающее трудоемкость буровых работ. Поставленные задачи решаются с применением механизированных станков струечного бурения.

По сравнению с ручными перфораторами такие станки значительно сокращают время выполнения вспомогательных операций, обеспечивают одновременную работу двух или более рабочих органов. Бурение шпуров станком можно производить в более рациональном технологическом режиме, чем при использовании ручных перфораторов. Все это способствует значительному повышению производительности бурения и добычного процесса в целом [1]. Кроме того, повышается точность бурения шпуров в заданной плоскости, что улучшает качество добываемых блоков.

Станки струечного бурения, в основном, зарубежного производства применяются на многих карье-

рах Карелии, Украины, Сибири. Однако широкое внедрение подобной высокопроизводительной техники сдерживается отсутствием ее серийного промышленного выпуска в республиках.

Малым совместным предприятием «Лабрадорит» (г. Кривой Рог) был разработан и серийно производится комплект однотипного бурового оборудования, позволяющий обеспечить высокопроизводительное разнонаправленное бурение шпуров и скважин малого диаметра на различных стадиях добычи блоков природного камня. Требования к выпускаемому оборудованию были выработаны на основе анализа современного состояния буровой техники в стране и за рубежом [2].

Типы станков струечного бурения	Основные технико-экономические характеристики														Средний режим работы станка		
	Длина станка, мм	Ширина станка, мм	Высота станка, мм	Масса, кг	Ход ползков (единиц стрелки) мм	Ход ползков бурового станка, мм	Усилие подачи Н	Радиус хол. подачи, мм	Расход воды при бурении, л/мин	Средняя скорость бурения, м/мин	Диаметр бурения в тупом бурении, мм	Глубина бурения м	Радиус скважины	Классификация станка по мощности	Средний режим работы станка	Типичный	Возможный
АСБ-1	3700	2270	3650	1710	2500	4000	8000-10000	12-13	17	0,8	42-65	До 16	Вертикальный	1	Перестановка с помощью крана	С помощью рукоятки	
АСБ-2	3200	1200	3500	250-350	2800-3000	2800-3000	1650	5	6	0,25	42	До 5,5	Вертикальный	1-2	Перестановка с помощью крана	Ручная перестановка	
АСБ-3	3300	1300	2350	185-200	2800	3300	1650	5	6	0,25	42	До 5,5	Вертикальный	1-2	Перестановка с помощью крана	Ручная перестановка	
													Вертикальный, наклонный, горизонтальный	1-2	Перестановка с помощью крана	Ручная перестановка	
АСБ-4	3250	1280	3150	250-350	2900-3000	2600	1900	5	6	0,25	42	5,5 и более	Вертикальный	1-2	Перестановка с помощью крана	Ручная перестановка с частичной разборкой	
АСБ-5	3300	1300	3200	250-350	2900-3000	2800	2100	5	6	0,35	42	5,5 и более	Вертикальный	1-2	Перестановка с помощью крана	Ручная перестановка с частичной разборкой	

Конструктивно станки строчечного бурения используются в двух вариантах: для бурения вертикальных шуров и скважин малого диаметра; для бурения вертикальных, наклонных и горизонтальных шуров и скважин малого диаметра.

Станки для бурения вертикальных шуров и скважин малого диаметра (модели АСБ-1, АСБ-2, АСБ-4, АСБ-5) имеют общую принципиальную конструкцию. Отличия заключаются в весе, габаритах, типе буровой головки, подающего устройства и технических характеристиках (см. таблицу).

Станки имеют сварную раму из различных номеров швеллеров, в направляющих которой устанавливается тележка. Тележка передвигается в направляющих рамы на колесах с подшипниками. Продольное перемещение тележки осуществляется с помощью специального устройства с натяжной цепью (АСБ-1) или пружину (АСБ-2, АСБ-4, АСБ-5). Способ перемещения определяется массой станка и типом устанавливаемой буровой головки и подающего устройства. На время бурения тележка стопорится к раме при помощи четырех распорных винтов.

На тележке расположена стойка, представляющая собой сварную конструкцию из облегченных труб различного диаметра, к которой с помощью специальных устройств крепятся буровая головка, а также располагается пульт для управления процессом бурения и вспомогательными процессами. На одной оси с буровой машиной к стойке крепится разъемный люнет, позволяющий осуществлять направленное забуривание шпура, наращивание буровых штанг, а также поддерживать заданную направленность бурения. Все станки строчечного бурения снабжены специальными озорными винтами для выравнивания на вершней поверхности.

Станок строчечного бурения АСБ-1 предназначен для бурения вертикальных шуров и скважин малого диаметра. Диаметр шуров или скважин определяется технологией производства добычных работ и может составлять от 42 до 65 мм. Для бурения используются обычная буровая сталь и плавящиеся буровые штанги. В станке применена буровая головка ПК-65 или ПК-75, перемещение которой в направляющих податчика осуществляется с помощью пневмомотора. Пневмомотор позво-

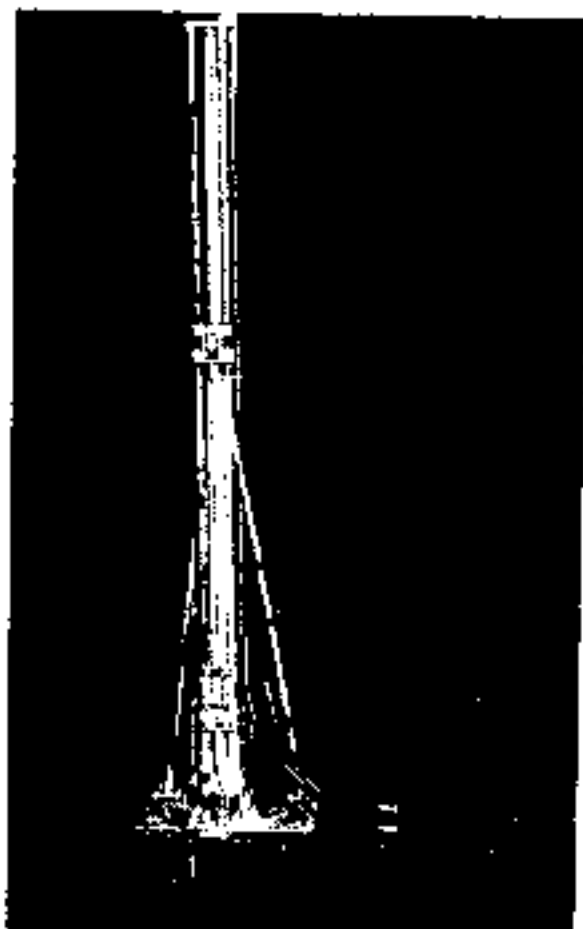
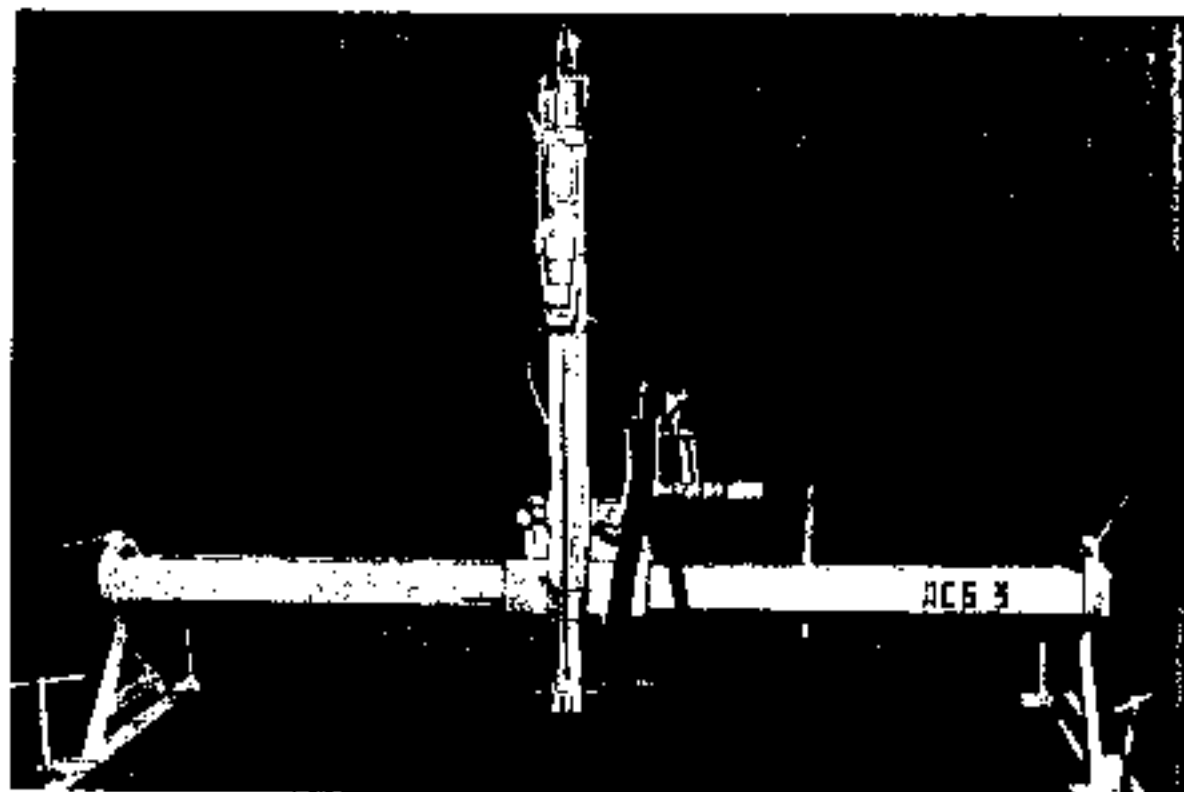


Рис. 1. Станок строчечного бурения АСБ-5

ляет также осуществлять силовой привод податчика, создающего основное усилие при бурении. Особенностью станка АСБ-1 являются высокие скоростные характеристики бурения пород различной крепости, обеспечиваемые при использовании мощных компрессорных станций. Для перемещения станка используется автокран.

Станок строчечного бурения АСБ-2 предназначен для бурения вертикальных шуров. Станок выполняется в облегченном варианте для быстрого перемещения на следующую строчку бурения шуров или другой уступ. Рама станка изготовлена из швеллера № 10.

Рис. 2. Станок строчечного бурения АСБ-3



в направляющих которой передвигается тележка со стойкой. На стойке смонтированы подающее устройство и буровая головка. Конструкция податчика позволяет осуществлять бурение на глубину до 3 м без замены штанг. Наличие последующей штанги дает возможность бурить шуровы на глубину 5 - 5,5 м. Масса станка составляет 250 - 300 кг, а сам станок представляет собой сборно-разборную конструкцию, что обеспечивает его перестановку вручную. Комплектация станка дополнительной рамой позволяет осуществлять бурение строчки шуров практически на неограниченную длину.

Станок строчечного бурения АСБ-4 изготовлен на базе серийно выпускаемого промышленностью пневмодатчика УПБ-1. В станке используются сваренно два податчика УПБ-1, что позволяет достичь глубины подачи инструмента при бурении до 2,2 м. Специально выполненный люнет позволяет производить замену штанги при любом положении буровой головки. Перемещение тележки со стойкой и буровым устройством и раме осуществляется вручную. Станок представляет собой сборно-разборную конструкцию и легко перемещается с уступа на уступ карьера.

Станок строчечного бурения АСБ-5 имеет конструктивные отличия от аналогичных АСБ-1, АСБ-2 и АСБ-3. Основным отличием являются облегченная конструкция стойки, стопорное устройство на тележке, специально изготовленный податчик, обеспечивающий по-

дату бурового инструмента на глубину до 3 м. Мобильность станка обеспечивается его быстрым демонтажем, перестановкой отдельных узлов к месту новой работы и быстрой сборкой. Наличие водопромывного устройства для вымывания бурового шлама из шпура улучшает условия труда обслуживающего персонала (рис. 1).

Станок строчечного бурения АСБ-3 предназначен для вертикального, наклонного и горизонтального бурения шпуров. Диаметр буримых шпуров составляет 42 мм, минимальное расстояние между шпурами в строчке составляет 25 мм. В качестве бурильной головки применяются отечественные пер-

фораторы различных модификаций. Станок снабжен пневмораспределителем, позволяющим осуществлять усиленную продувку шпура и водопромывным устройством для вымывания шлама из шпура. Бурение горизонтальных шпуров производится на высоте 150 - 200 мм от нижней площадки уступа (рис. 2).

Разработанные МСП «Лабрадорит» станки строчечного бурения типа АСБ хорошо зарекомендовали себя при использовании на карьерах природного камня Украины — Ново-Даниловском, Запорожском, Лебединском карьере Голованевского комбината перудных строительных материалов. Опыт экс-

плуатации станков показал их надежность в работе, хорошие эксплуатационные характеристики и высокую ремонтпригодность. Применение станков АСБ позволяет повысить производительность и качество буровых работ, улучшить условия труда на карьерах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Факисов В. Р. и др. Техника и технология добычи гранитных блоков. М.: Недра, 1989.
2. Сиренко В. Н., Максимчук А. Г., Абашии П. А. Агрегат строчечного бурения для добычи гранитных блоков. Тез. докл. Всесоюзного десятиго научн. технического совещания «Совершенствование буроварных работ в народном хозяйстве». — М., 1988.

УДК 628.311.2:666.943.2

В. Н. БАЖЕНОВ, инж., В. А. МИНКО, д-р техн. наук (БТИСМ им. И. И. Гришманова), Н. А. КАЗАЧКОВ, инж. (Казанский завод стеновых материалов)

## Циклонные пылеуловители для очистки газа от налипающей пыли

Технологические процессы переработки сыпучих материалов в промышленности строительных материалов сопровождаются выделением различного рода вредных веществ, основной из которых является пыль. Наиболее часто используемым способом борьбы с пылевыделением является применение систем местной вытяжной вентиляции (аспирации), с помощью которых можно обеспечить эффективную локализацию очага пылеобразования и высокую степень очистки выбрасываемого в атмосферу воздуха. Особые трудности возникают при эксплуатации аспирационных систем (АС), предназначенных для обеспыливания технологических узлов, где происходит выделение налипающей пыли и особенно совместное выделение пыли и пара (технология силикатного кирпича, санитарно-технических изделий, отдельные узлы цементного производства и т. д.).

Высокая налипаемость аспирируемой пыли приводит к зарастанию воздухопроводов и аппаратов очистки пылевыми отложениями. Процесс зарастания часто усиливается за счет конденсации пара из аспирационного потока.

Для обеспечения нормальной

эксплуатации систем аспирации в этих условиях необходимо применение специальных мероприятий. К основным способам борьбы с зарастанием аспирационных воздухопроводов относятся следующие: обогрев воздухопроводов, нанесение на внутреннюю поверхность специальных антиадгезионных покрытий, применение механических очистных устройств (скребков, ёршиков и т. д.), теплоизоляция воздухопроводов. В статье [1] показано, что наиболее эффективным для АС паропылевых переделов является размещение у каждого местного отсоса своего пылеуловителя, что приводит к максимальному уменьшению длины воздухопроводов запыленного газа, и пропорционально этому снижаются затраты на очистку последних.

Требования, предъявляемые к пылеуловителям, работающим в условиях паропылевых технологических переделов, должны предусматривать надежность в эксплуатации и достаточно высокие экономические показатели. С этой точки зрения на производствах, сопровождающихся выделением налипающей пыли, получил распространение «сухой» способ очистки аспирационного воздуха от пыли.

Применение же «мокрого» — аппаратов типа ПГИ, ПВМ и других в промышленности строительных материалов (ПСМ) ограничено, так как необходимо дорогостоящее и трудоемкое в обслуживании пылевое хозяйство, которое на предприятиях, как правило, отсутствует.

В области «сухого» пылеулавливания в ПСМ в настоящее время можно выделить два основных направления. Первое основано на фильтрации аэрозолей через слой фильтрующего материала. К этим аппаратам прежде всего следует отнести зернистые фильтры типа ФЦЗ и цепные фильтры ФЦ конструкции НИО «Союзстромэкология». В настоящее время они работают на многих предприятиях отрасли. Эти пылеуловители имеют высокую степень очистки — 96-98 %, сравнительно низкое гидравлическое сопротивление — 90-120 Па. К недостаткам данных аппаратов следует отнести сложность конструкции, достаточно высокую энергоёмкость и металлоёмкость [1].

Второе направление базируется на использовании аппаратов инерционной очистки типа циклон. С одной стороны, данные пылеуловите-



ли имеют высокие экономические показатели, что обуславливается надежностью в эксплуатации, простотой конструкции, малыми габаритами, небольшим гидравлическим сопротивлением. С другой стороны, основной недостаток циклонов — низкая эффективность очистки газа (прежде всего от мелкодисперсных аэрозолей), при их работе на налипающих пылях она практически исчезает. При достаточно высоком содержании пара в аспирационном потоке степень очистки газа в «сухом» циклоне достигает уровня мокрых аппаратов, а в ряде случаев даже и превышает его. Это объясняется конденсационным укрупнением частиц пыли в парогазовой среде, отсутствием характерного для обычных условий эксплуатации циклона вторичного пылеуноса, наличием процессов термо- и диффузионного протекания в полости циклона, а также воздействием некоторых других факторов.

В 1985—1987 гг. отраслевой научно-исследовательской лабораторией (ОНИЛ) вентиляции и очистки воздуха Белгородского технологического института строительных материалов (БТИСМ) и Челябинским филиалом СНИИО «Росорттехстрой» были проведены сравнительные испытания стандартного циклона ЦН-11 при обеспыливании сухого газа и паровоздушной смеси с параметрами, характерными для процессов аспирации производства силикатного кирпича. При этом наблюдалось повышение эффективности очистки соответственно с 92—93 % до 97—99,5 %.

Но использование циклонов для

обеспыливания паропылевых технологических передетов возможно лишь в сочетании с устройствами, позволяющими обеспечить надежную очистку внутренней полости от слоя налипающей пыли. В ОНИЛ вентиляции БТИСМ был разработан ряд конструкций циклонного пылеуловителя, отличающихся друг от друга типом регенерирующего устройства. Наиболее распространенным из них является аппарат, регенерация которого осуществляется цепными гирляндами, подвешенными по его внутреннему периметру [3]. Данный пылеуловитель был внедрен на ряде предприятий (Череповецкий, Кременчугский заводы силикатного кирпича и др.) и показал себя достаточно надежным в эксплуатации. Простота конструкции позволяет изготовить его непосредственно в заводских условиях. Однако расположенные внутри корпуса цепи снижают аэродинамические характеристики пылеуловителя, что увеличивает гидравлическое сопротивление и несколько снижает степень очистки.

На Казанском заводе силикатных стеновых материалов была внедрена система аспирации узлов выгрузки силикатной массы из силосов на ленточный конвейер. В качестве пылеуловителя использовался модифицированный циклон [4]. Корпус его был выполнен с внутренним полиэтиленовым покрытием, что уменьшило силу налипания пыли и позволило значительно упростить механизм регенерации. В дальнейшем, при модернизации технологического процесса для увлажнения силикатной массы был использован конденсат, что резко

снизило объем паровыделений и позволило в итоге отказаться от цепей в качестве механизма регенерации (рис. 1).

Система аспирации обслуживает пять силосов и узел перегрузки материалов на сборный конвейер, причем каждый из источников пылеобразования снабжен установленным непосредственно вблизи него пылеуловителем — циклоном диаметром 400 мм. Так как одновременно может осуществляться выгрузка не более чем из двух силосов, то на воздуховодах чистого газа (после циклонов) установлены дроссельные заслонки, соединенные с рычагом, открывающим окно разгрузки силоса. Для предотвращения залипания воздуховоды запыленного газа (до циклонов) были выполнены из полиэтилена. Воздух из циклонов поступает в общий коллектор, соединенный с вентилятором.

Таким образом, данная система обеспечивает эффективное обеспыливание технологической нитки минимальным количеством аспирируемого воздуха — порядка 3500 м<sup>3</sup>/ч. Степень очистки газа в циклонах колебалась при изменении температурно-влажностных условий в помещении цеха, однако не опускалась ниже 89 %. Так как концентрация пыли до циклона составляла не более 0,6 г/м<sup>3</sup>, то выбросы обеспечивались на уровне предельно допустимых.

В процессе очистки газа от налипающей пыли внутри циклона на его стенках образуется пылевой слой (осадок), уплотняющийся под действием скоростного (до 25 м/с) циклонного потока. Если пыль обладает вязкими свойствами, то с

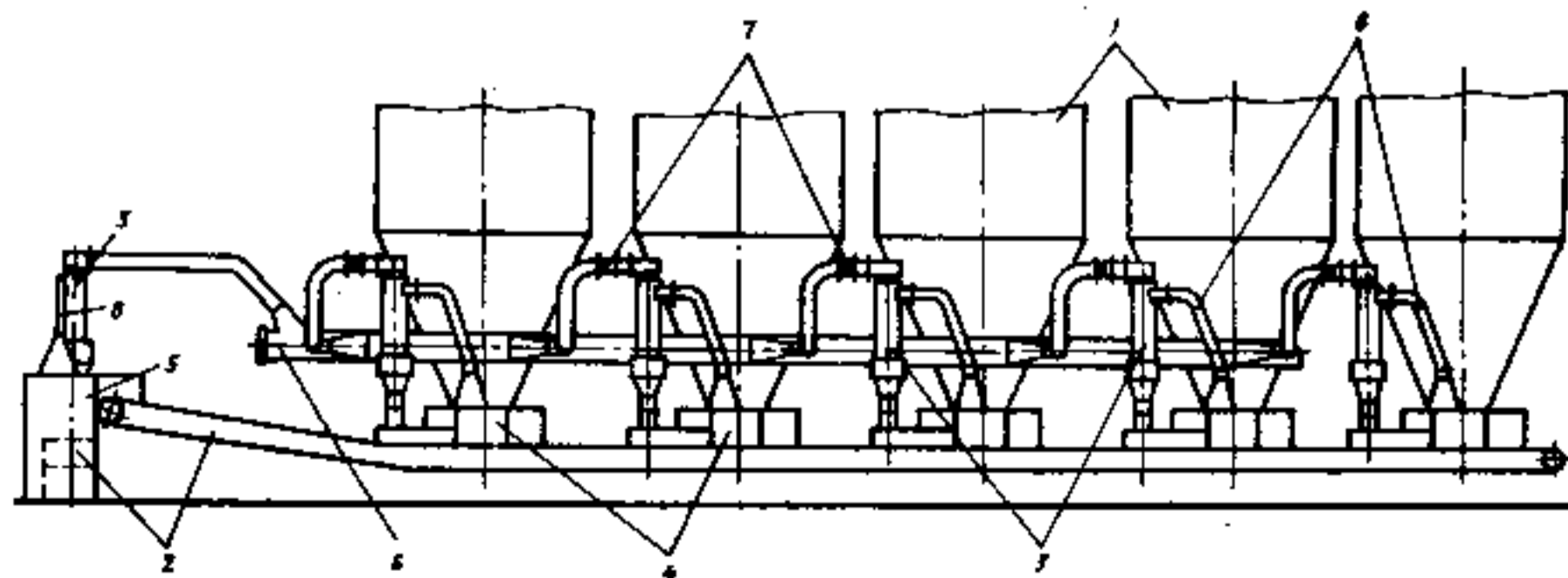


Рис. 1. Система аспирации узлов выгрузки силикатной массы из силосов

1 — силос; 2 — ленточный конвейер; 3 — циклон; 4 — укрытие места выгрузки массы из силоса на конвейер; 5 — укрытие узла перегрузки с конвейера на конвейер; 6 — вентиляционный коллектор; 7 — дроссельная заслонка на воздуховодах чистого газа; 8 — полиэтиленовый воздуховод запыленного газа

течением времени осадок набирает большую прочность и удалить его обычными способами (механической прочисткой корпуса и т. д.) практически невозможно. ОНП вентиляции БТИСМ и Челябинским филиалом ССКНО «Росоргтехстром» был разработан и испытан на Новоснеглазовском заводе силикатного кирпича (г. Челябинск) циклон, снабженный устройством [5] для очистки от пылевого слоя высокой прочности (рис. 2).

Для регенерации стенок используют электроразрядное устройство. При замыкании коммутатора в электрической цепи, образованной конденсатором и индуктором, возникает затухающий колебательный разряд. Разрядный ток, протекающий через индуктор или индуктора, наводит вблизи них магнитное поле, которое, взаимодействуя со стальной стенкой циклона, наводит в ней вихревые токи. Последние индуцируют свое магнитное поле, которое, взаимодействуя с магнитным полем от индукторов, приводит к возникновению кратковременного импульса механического давления большой силы, под действием которого происходит упругая деформация стенок циклона, в результате чего слой налипающей пыли на внутренней поверхности корпуса циклона разрушается и осыпается в пылесборный бункер.

Подбором определенного типа конденсатора можно добиться такой силы удара, при которой будет обеспечена полная очистка стенок циклона от пылевых отложений. Единственным ограничением является прочность стенок самого циклона. Отмечено, что возрастание прочности (твердости) пылевого слоя приводит к повышению эффективности регенерации.

Система аспирации на Новоснеглазовском заводе, предназначенная для обеспыливания узла выгрузки силикатной массы из силоса на конвейер, обеспечивала эффективную локализацию места пылеобразования. В качестве пылеуловителя использовался циклон ЦН-11 диаметром 400 мм, степень очистки газа в нем составляла 96–99%, запыленность газа на выбросе — 10–50 мг/м<sup>3</sup>. Электроразрядная установка обеспечивала эффективную очистку от пылевых отложений внутренней полости циклона и стальных воздухопроводов запыленного газа.

Таким образом, опыт эксплуатации аспирационных систем технологических узлов, где происходит

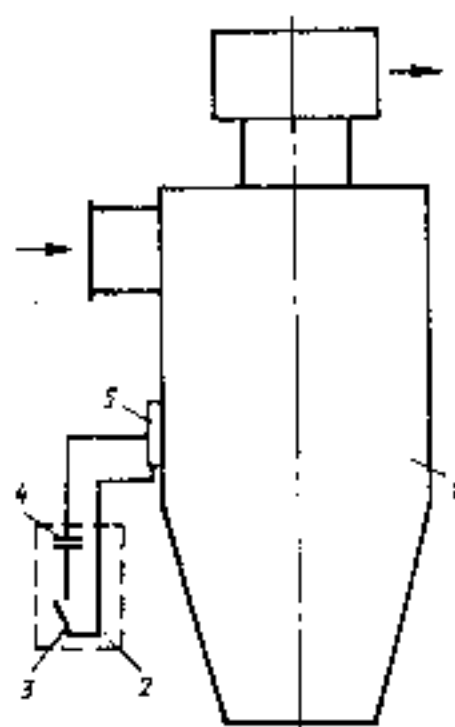


Рис. 2. Схема циклона с электроразрядной установкой

1 - корпус циклона; 2 - электроразрядная установка; 3 - коммутатор; 4 - конденсатор; 5 - индуктор

выделение налипающей пыли. Показал, что в качестве пылеуловителя может использоваться циклон, обеспечивающий в этих условиях высокую степень очистки газа от пыли. Выбор механизма регенерации зависит от конкретных условий производства: места установки циклона — в отапливаемом или неотапливаемом помещении, периодичности работы производственного оборудования, а следовательно, и аспирационной установки.

В технологии силикатного кирпича многое зависит от количества влаги для гашения извести, от активности самой извести или другого типа вяжущего. Использование на Казанском заводе конденсата позволило значительно уменьшить объем паропылевых выделений и вполне достаточным оказалось применение полкатиленового покрытия внутренней полости циклона, тогда как для условий Новоснеглазовского завода необходимо использование электроразрядной установки.

При проектировании систем обеспыливания технологических узлов, где происходит выделение налипающей пыли, необходимо основываться на комплексном методе, включающем в себя анализ производственных факторов, разработку оптимальной конструкции укрытия, обеспечивающую эффективную локализацию места пылеобразования минимальным объемом аспирационного воздуха и снижающую концентрацию аспирируемой пыли, выбор на основе полученных

значений объема аспирации и концентрации конструкции пылеуловителя с расчетом его параметров.

Этот метод, обеспечивающий надежные эксплуатационные характеристики проектируемой АС, позволяет при этом значительно снизить стоимость системы аспирации в целом [6]; снижение объема аспирации делает возможным использование пылеуловителя малых габаритов и установку вентилятора меньшего типоразмера, уменьшение концентрации налипающей пыли в запыленном газе позволяет в ряде случаев использовать для очистки аспирационного воздуха циклон. Экономический эффект от внедрения на Казанском заводе в 1990 г. системы аспирации, оборудованной укрытиями и циклонами конструкции БТИСМ и предназначенной для обеспыливания узлов выгрузки силикатной массы из силосов на ленточный конвейер, составил 60 тыс. р.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аспирация паропылевых смесей при обеспыливании производства силикатного кирпича / В. А. Минко, В. П. Наумов, В. Н. Баженов, О. В. Шестапов // Строит. материалы. 1987. № 8.
2. Очистка промышленных газов от пыли / В. Н. Ужов, А. Ю. Вальдберг, В. И. Мягков, И. К. Ренидов. — М.: Химия, 1981.
3. А. с. 1353513 (СССР). Пылеуловитель налипающих пылей / Н. Г. Абрахин, М. И. Кулешов, О. Ф. Лавин и др. // Б. И. — 1987. № 43.
4. А. с. 16061450 (СССР). Циклон для улавливания налипающей пыли / В. П. Баженов, И. С. Введенных, Н. А. Квачкова и др. // Б. И. — 1991. № 28.
5. Подлинительное решение по заявке № 4746367/31-26. Циклон для налипающей пыли // В. П. Баженов, В. А. Минко Заявл. Об. 10.89.
6. Минко В. А., Баженов В. Н. Оптимизация аспирационного укрытия узла загрузки конвейера // Строит. материалы. 1986. № 8.

#### По страницам журналов

Брандт А. М. Новые бетоноподобные композиты и их механические свойства // Цемент-Яагно-Гипс т. XLIV/L VII, 1991. № 4.

Приведены композиции полимербетонов, содержащих цемент и предназначенных для инженерного и гидротехнического строительства. Для полимербетона характерны повышенные механические показатели: прочность, стойкость против растрескивания, долговечности и др. Они применяются в специальных условиях. Подчеркнута целесообразность развития исследований в области композиционных материалов, содержащих цемент.

А. А. ВОРОНИН, главный инженер Производственного строительного кооператива «Оргтехстрой-2»

## Использование золы гидроудаления в бетонах и растворах

Для возможности расширения сырьевой базы в производстве строительных материалов, в частности в Калининградской области, специалистами Государственного строительного кооператива «Оргтехстрой-2» (г. Калининград, обл.), бывшего треста «Оргтехстрой», за период с 1986 по 1990 г. проведена научная, экспериментальная и практическая работа по изучению и применению золы гидроудаления, которой достаточно много накопилось на областной ТЭС.

Подобраны оптимальные составы легких и тяжелых бетонов с добавкой золы с целью уменьшить затраты дефицитных цемента и мелкого заполнителя. Для получения бетона использовали золу со следующими параметрами: с плотностью — 0,65 г/см<sup>3</sup>; удельной поверхностью — 1500—3000 см<sup>2</sup>/г; химический состав SiO<sub>2</sub> — 44,02%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 20,73%; CaO — 2,29%; MgO — 1,52%. Потери при прокаливании составили — 3%. Портландцемент марки 400 — Акмянского цементно-шиферного комбината, гравий и песок — из местных карьеров.

В результате исследований определены строительные материалы, в производстве которых возможно использование золы гидроудаления, и области их практического внедрения. Это известково-золяные растворы для штукатурных работ; золоцементные смеси для приготовления кладочных растворов, а также легких и тяжелых бетонов, из которых затем формируют изделия на заводе ЖБИ; золоцементные смеси для приготовления газозолобетона. Из него возводят монолитные стены домов усадебного типа, изготавливают блоки и стеновые конструкции. Золоцементные смеси идут также на изготовление керамзитозолобетона, а затем стеновых конструкций; известково-золяные смеси для устройства стяжек под полы.

Технология приготовления золоцементных или золоизвестковых

смесей заключается в следующем (см. рисунок).

Зола ТЭС доставляется из отвала и ковшом грейфера подается в смесители типа УБ-342 штукатурной станции или в другие типы смесителей, в которых она перемешивается с водой. После достижения определенной плотности водозольная смесь подается в накопительную емкость стационарного бетоносмесительного узла.

Приготовленные известково-золяные или золоцементные смеси доставляют на строительные объекты в автобетоносмесителях или авторастворовозах.

Известково-золяную смесь строители используют в штукатурных растворах, а после введения в смесь порообразующих добавок — для устройства стяжек под полы. Из золоцементной смеси готовят кладочные растворы и изготавливают газозолобетон.

Чтобы получить газозолобетон, в золоцементную смесь добавляют свежеприготовленную суспензию из алюминиевой пудры, воды и сульфанола. Через 5—8 мин перемешивания всех компонентов газозолобетонная смесь готова к употреблению.

При добавлении в золяные смеси заполнителей и цемента в стационарных бетоносмесительных узлах

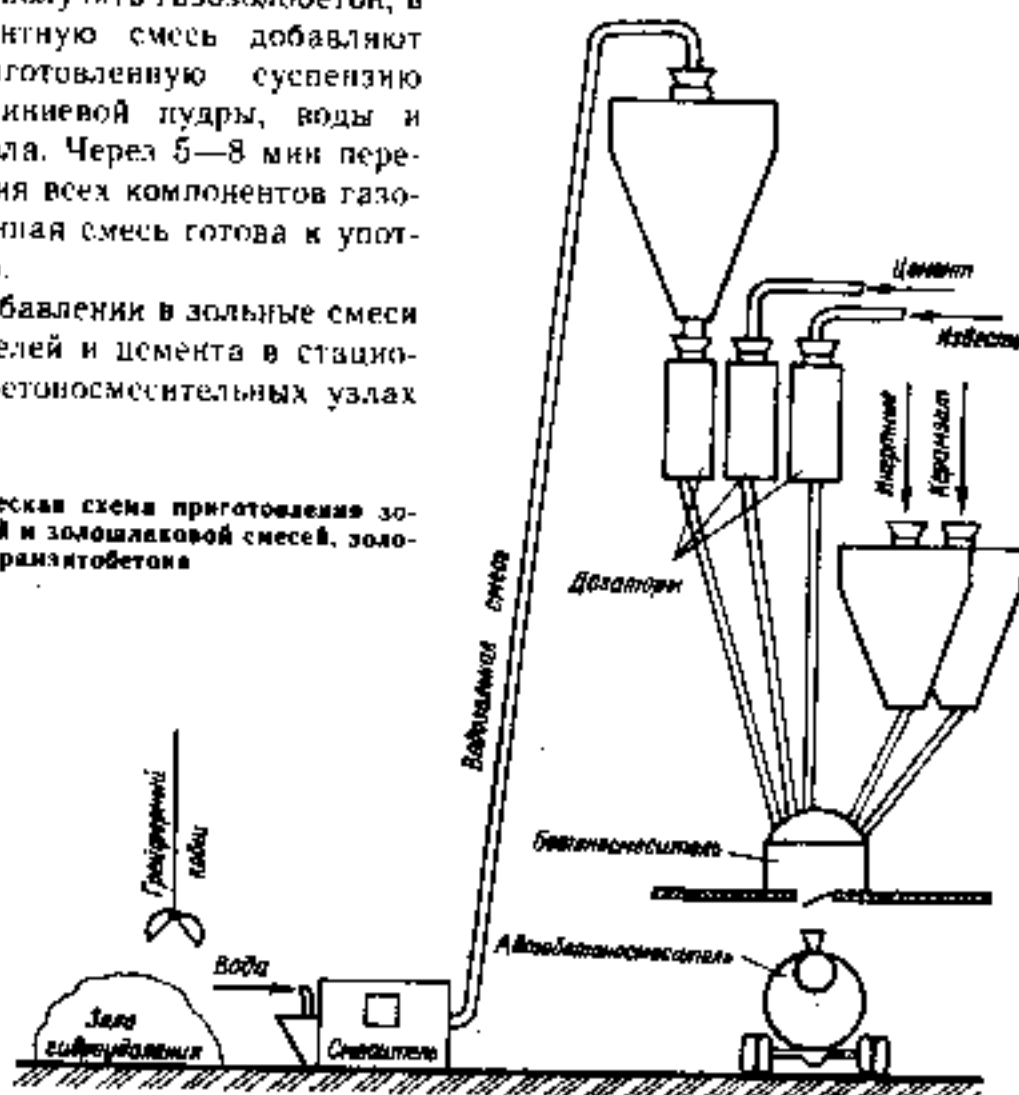
приготавливают легкие и тяжелые бетоны. Если в качестве заполнителя служит керамзит, приготавливают керамзитобетон, из которого затем изготавливают конструкции стен зданий внутренних, наружных, а также подвалов.

Зола гидроудаления в бетонах и растворах повышает пластичность, улучшает удобоукладываемость растворов и бетонов, а также теплозащитные свойства строительных конструкций.

Экономический эффект от применения золы гидроудаления составляет от 0,66 до 18 р. на 1 м<sup>3</sup> бетона в зависимости от его марки и от 0,33 до 0,86 р. на 1 м<sup>3</sup> раствора.

Экономия цемента при его замене золой гидроудаления составляет 30 кг на 1 м<sup>3</sup> золобетона марки 200 и 150 и 17 кг на 1 м<sup>3</sup> керамзитобетона марки 75.

Технологическая схема приготовления золоцементной и золошлаковой смесей, золобетона и керамзитобетона



Устройство бесцементной стяжки под полы на 100 м<sup>2</sup> обеспечивает экономический эффект в сумме 64—77 р. При этом экономится 2762 кг цемента марки М 400.

Специалисты кооператива «Оргтехстрой-2» и Харьковского автодорожного института провели научно-исследовательскую работу по активации золы гидроудаления. На заводе ЖБИ-2 производственного строительного объединения «Калининградстрой» смонтиро-

вана технологическая линия, включающая роторно-пульсационный активатор. Активация золы позволила дополнительно экономить на 1 м<sup>3</sup> бетона 10—15 % цемента.

Роторно-пульсационный аппарат (РПА) изготовлен на базе центробежного электронасосного агрегата типа К 45/55, но отличается от него удлиненным валом, на котором закреплена вращающаяся часть (ротор), коаксиально входящая в неподвижную часть (статор), яв-

ляющуюся одновременно крышкой рабочей камеры РПА. В результате вращения ротора внутри статора имеющиеся во внутренних радиально расположенных стенках отверстия попеременно закрываются. Возникающее при этом механическое воздействие и пульсирующее давление повышает активность золы. При правильной эксплуатации рабочих органов РПА он рассчитан на производство 30 тыс. м<sup>3</sup> бетона в год.

УДК 691.3.646.11.016.142

А. А. ЗУРАЕВ, инж., Ю. П. ГОРЛОВ, д-р техн. наук, В. Ю. БУРОВ, канд. техн. наук (МИСИ им. В. В. Куйбышева)

## Исследование возможности использования стеклобоя в качестве активизатора вяжущих из основных гранулированных шлаков

В МИСИ им. В. В. Куйбышева выполнен комплекс исследований по использованию отходов стеклобоя производства в качестве активизаторов шлаковых вяжущих при производстве строительных материалов. Установлено, что основные доменные гранулированные шлаки в результате совместного помола со стеклобоем в условиях тепловлажностной обработки подвергаются щелочной активизации и проявляют вяжущие свойства. Изделия, изготовленные из таких вяжущих, имеют высокие прочностные показатели.

Процесс твердения основных и нейтральных гранулированных доменных шлаков рассматривали на примере двух типичных проб: доменного гранулированного шлака Ново-Тульского и Карагандинского металлургических комбинатов.

Химический состав шлаков приведен в таблице.

В качестве активизаторов шлаковых вяжущих использовали бой тарного стекла. Его химический состав приведен ниже.

Физико-химические исследования показали следующее: термограмма шлака Ново-Тульского комбината (рис. 1, кривая 1) имеет два четких экзотермических эффекта, отражающих кристаллизацию из-за присутствия шлакового стекла

мелкита (862 °С) и метасиликата, близкого к волластониту (956 °С).

При нормальном хранении суспензии тонкоизмельченного шлака в дистиллированной воде наблюдается появление прозрачного бесцветного оптически аморфного вещества по границам частичек шлака, количество которого возрастает с увеличением продолжительности гидратации.

Тепловлажностная обработка тульского шлака в нейтральной среде (т. е. без активизаторов) приводит к слабой поверхностной гидратации шлакового стекла. При наблюдении под микроскопом это выражается в появлении на периферии частиц стекла тонкой прозрачной каймы шириной 0,5—1 мкм, которая отличается пониженным светопреломлением (в пределах 1,55—1,56).

На термограмме тульского шлака после тепловлажностной обработки в пропарочной камере (см. рис. 1, кривая 2) видны два новых термических эффекта (232 °С), связанных с удалением воды из слоя гидратированного стекла и частичной его кристаллизацией (экзотермия с максимумом при 442 °С).

Следует отметить, что тульский шлак характеризуется высоким содержанием сульфида кальция (ольдгамита), поэтому является самоактивизирующимся. Образцы из карагандинского шлака, такие же, как из тульского, из-за значительно меньшего содержания ольдгамита показали намного меньшую степень гидратации. В связи с этим образцы из тульского шлака имели большую прочность.

Введение в состав вяжущего стеклобоя способствует резкому росту прочности образцов и увеличению глубины гидратации шлакового стекла.

Видимая под микроскопом, прозрачная гелевидная кайма становится более широкой — от 1,5 до 2 мкм. Светопреломление слагающего ее геля колеблется от 1,52 до 1,55, оно повышается с увеличением содержания стеклобоя до определенных пределов. Соответственно меняется и основность суб-

Шлак	Химический состав шлаков, % по массе							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	MnO	Mo
Ново-Тульского комбината	36,49	8,42	0,19	0,63	49,32	1,8	2,28	1,13
Карагандинского комбината	36	15,07	-	0,98	40,24	6,6	0,78	0,91

Химический состав тарного стекла	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	NaO+K <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>
	Содержание, %	71,5	1,2	0,6	8,1	3,2	15,2

микроструктурных гидросиликатов, входящих в состав геля. Кристаллические новообразования присутствуют в виде пластинчатых гидросиликатов кальция группы  $C_2S \cdot n(A)$  и гидротранатов.

При нормальном хранении шлакостекляного вяжущего, затворенного водой, отмечается агрегатная поляризация гелевидных (субмикроструктурных) новообразований, покрывающих поверхность частиц шлакового стекла, что свидетельствует о начавшейся их кристаллизации. Однако размеры кристаллических выделений весьма невелики (меньше 1 мкм).

Термограммы пропаренных образцов, полученных из шлакостекляного вяжущего на основе тульского (см. рис. 1, кривая 3) и карагандинского (см. рис. 1, кривая 4) шлаков, весьма похожи. На них видны эндотермические эффекты обезвоживания гидросиликата ( $C_2S \cdot n(A)$ ) и гидротранатов ( $433-445^\circ C$ ), свободного гидроксида кальция ( $512-528^\circ C$ ), а также диссоциации кальцита ( $809-810^\circ C$ ). По комплексу термических эффектов ( $157-185^\circ C$ ;  $345-366^\circ C$ ;  $875-911^\circ C$ ) фиксируется преобладание в гелевидном (субмикроструктурном) цементирующем веществе гидросиликата кальция примерно состава  $C_4S_3H_n$ .

Активность шлакостекляного вяжущего зависит главным образом от следующих технологических факторов: дисперсности вяжущего, процентного содержания стеклобоя в вяжущем и условий твердения. Активность вяжущего возрастает (рис. 2) с увеличением его удельной поверхности. Однако затраты энергии и времени, требуемые для достижения удельной поверхности вяжущего более  $400 \text{ м}^2/\text{кг}$ , слишком велики. Поэтому экономически целесообразно использовать вяжущие с удельной поверхностью  $350-400 \text{ м}^2/\text{кг}$ .

Зависимость активности вяжущего от содержания в нем стеклобоя показана на рис. 3. Как видно, наибольшая активность вяжущего наблюдается при содержании в нем  $20-30\%$  стеклобоя.

Установлено влияние режимов пропаривания образцов на активность шлакостекляного вяжущего.

При производстве изделий из мелкозернистого бетона, изготавливаемого на основе шлакостекляного вяжущего в отличие от технологии бетонов, полученных на сте-

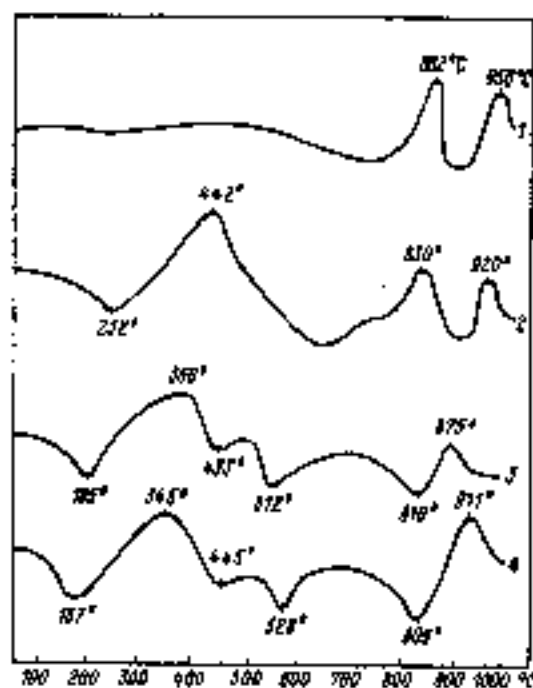


Рис. 1. Термограммы Тульского шлака

1 — некопый, тульский шлак; 2 — шлаковое вяжущее без активаторов после пропаривания; 3 — шлакостекляное вяжущее на тульском шлаке после пропаривания; 4 — шлакостекляное вяжущее на карагандинском шлаке и после пропаривания

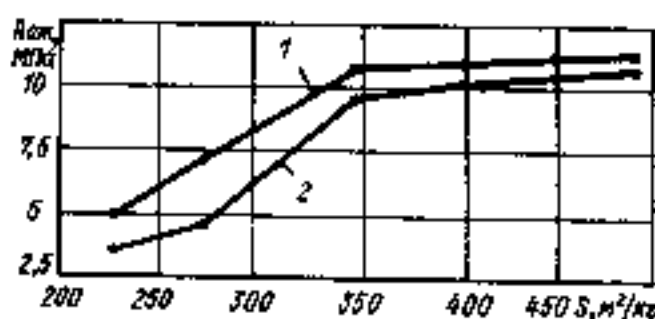


Рис. 2. Зависимость активности вяжущего от его удельной поверхности

1 — вяжущее на тульском шлаке с  $M_o=1,13$ ; 2 — вяжущее на карагандинском шлаке с  $M_o=0,91$

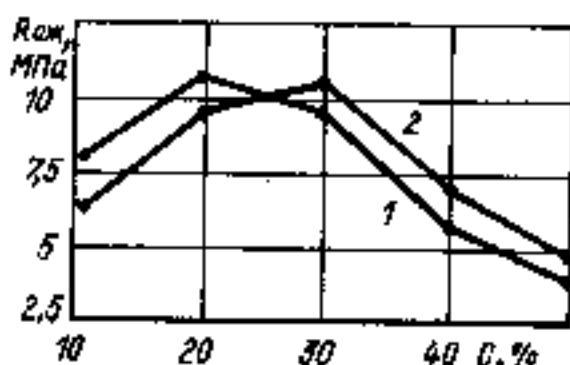


Рис. 3. Зависимость активности вяжущего от содержания в нем стеклобоя

1 — вяжущее, полученное на тульском шлаке с  $M_o=1,13$ ; 2 — то же, на карагандинском шлаке с  $M_o=0,91$

кольном вяжущем, вместо автоклавов применяют пропарочные камеры. Это упрощает технологию и позволяет значительно экономить электроэнергию. В остальном технология изготовления изделия из

Режим пропаривания, ч	Активность вяжущего, МПа
2+4+2	9,8
2+6+2	15,6
2+8+2	16,1
2+20+2	17,5

мелкозернистого бетона на шлакостекляном вяжущем аналогична производству стеклобетона. Она состоит из подготовки шлакостекляного вяжущего — дробления и помола до дисперсности  $350-400 \text{ м}^2/\text{кг}$ , приготовления бетонной смеси — дозирования компонентов, перемешивания бетонной смеси; виброформования; вибропрессования или прессования шлакостекляной смеси; тепловлажностной обработки в пропарочной камере.

Физико-механические свойства мелкозернистого бетона на шлакостекляном вяжущем: предел прочности при сжатии — 15, при изгибе — 3 МПа; средняя плотность —  $2000 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; водопоглощение —  $6-8\%$ ; морозостойкость — более 35 циклов.

Опытно-промышленное производство бетона на шлакостекляном вяжущем осуществлено на Целиноградском государственном кооперативном предприятии «Ситалл». Оно показало, что изделия можно формировать на существующих технологических линиях, на которых изготавливают стеклобетон — без усложнения технологии.

Отформованы стеновые блоки размером  $390 \times 190 \times 188 \text{ мм}$ .

Технико-экономические расчеты показали, что себестоимость  $1 \text{ м}^3$  стеновых блоков, изготовленных на основе шлакостекляного вяжущего, на  $8,82 \text{ р.}$  ниже себестоимости  $1 \text{ м}^3$  изделий, сформованных из сырьевой смеси, полученной на основе стекляного вяжущего.

## По страницам журнала

Ямрижи З., Юрчакевич С. Проблемы пригодности латекса DP50 при ремонте бетонных конструкций // Цемент-Ваши-Типы, т. XLIV/LVIII, 1991, № 4-5.

В течение ряда лет за рубежом применяют растворы и бетоны с добавкой латекса. Они характеризуются повышенной прочностью при изгибе и растяжении, хорошей сцепляемостью со старым бетоном, морозостойкостью и долговечностью. Исследования растворов и бетонов с добавкой полимерных латексов ведутся в Польше с начала 60-х годов. В основном они касаются поливинилацетата, выпускаемого под названием винанет. Установлено, что добавка винанета DP50 к бетонным смесям, которыми ремонтируют выбоины в бетонных и железобетонных конструкциях нецелесообразна. Этот прием дорог, а долговечность конструкции после ремонта невысока, особенно, если детали подвергаются увлажнению и замораживанию.

В. С. ГРЫЗЛОВ, д-р техн. наук (Череповецкий филиал  
Вологодского политехнического института)

## Влияние структуры легкого бетона на его теплотехнические свойства

Общая концепция развития жилищного строительства на основе научно-технического прогресса предусматривает постановку и решение ряда материаловедческих задач и как основную — повышение теплотехнической эффективности легкого бетона, используемого при изготовлении наружных ограждающих конструкций.

Современная теория легкобетонных конструкций базируется на принципе целенаправленного структурообразования легкого бетона. Сочетание этого принципа с требованием минимальной теплопроводности предопределяет необходимость максимального содержания в бетонной смеси пористого заполнителя при минимальном расходе цемента, исключает применение кварцевого песка, высококлинкерного вяжущего и предполагает слитную мелкопористую структуру бетона. Это приводит к необходимости теоретического обоснования научных положений и закономерностей по количественной оценке структурно-чувствительного состояния легкого бетона и выдвижению целевой установки — снижения теплопроводности бетона.

Легкий бетон — сложная многокомпонентная система, состоящая из частиц произвольной формы, характеризующаяся спектром размеров и статистическими законами распределения. Предметом теоретического исследования подобных систем является взаимосвязь «структура — свойства», основанная на закономерностях физики твердого тела, физико-химической механики, термодинамики и др.

Процессы переноса тепла и массы в значительной степени зависят от структурных характеристик бетона, поэтому при рассмотрении закономерностей этих процессов необходимо разграничивать две области исследований: первая — формирование рациональных (оптимальных) структур, вторая —

прогнозирование процессов переноса.

Объединение этих областей является сутью общей задачи теплопроводности легкого бетона. При этом должно учитываться, что формирование теплозащитных функций бетона продолжается также и в процессе эксплуатации, вследствие чего они нелинейно и интегрально зависят от множества взаимообуславливающих и дополняющих факторов. По этой причине выделение какого-либо одного определяющего фактора (например плотности) представляется необоснованным.

Понятие структурной теплопроводности, характеризующее с одной стороны процессами структурообразования бетона, с другой — процессами теплопередачи в бетоне при воздействии на него различных эксплуатационных факторов, может выражаться зависимостью

$$\lambda(t) = \lambda_0 - \Delta\lambda(t), \quad (1)$$

где  $\lambda_0$  — теплопроводность бетона при завершении, в основном, процессов структурообразования (например, период 28 сут);  $\Delta\lambda$  — приращение, которое возникает в результате эксплуатационных воздействий за время  $t$ .

Знак (—) перед  $\Delta\lambda$  указывает, что релаксация теплопроводности связана с уравновешиванием конструктивных и деструктивных процессов, происходящих в легком бетоне, которые в целом приводят к уменьшению внутреннего напряжения и развитию необратимых деформаций.

Решение зависимости (1) в термодинамическом аспекте, т. е. исследование скорости изменения теплопроводности как величины, пропорциональной степени ее отклонения от равновесного значения  $\lambda$ , позволило получить математическую формулировку общей задачи теплопроводности легкого бетона в виде:

$$\lambda = \lambda_0 - \Delta\lambda_0 e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}, \quad (2)$$

где  $t_0$  — время интенсивного структурообразования бетона (28 сут);  $\tau$  — время релаксации выражается отношением основных термодинамических функций состояния системы ( $\mu, S$ ).

Определяя рациональную структуру легкого бетона из условия  $t \rightarrow \min$ , можно характеризовать эту структуру, согласно Больцмана, максимумом энтропии, а следовательно максимумом структурной неупорядоченности, чему в конкретном случае может соответствовать дефектность и аморфность системы.

Теоретически это подтверждается известными концепциями Дебая [1, 2] о пропорциональности теплопроводности длине свободного пробега и рассеивания фононов. Обобщая действие механизма рассеивания фононов, А. Миснар [3] пришел к выводу, что длина свободного пробега фононов обуславливается характеристикой микроструктуры материала, а именно: наличие аморфной фазы в системе особенно сильно рассеивает фононы; сложность строения кристаллической решетки минерала способствует уменьшению длины свободного пробега; с уменьшением размеров кристаллов область перемещения фононов ограничивается; дефекты решеток и дислокаций в кристаллах создают добавочное сопротивление. При этом, как указывает Ч. Киттель [4], уровень дефектов микроструктуры, чувствительных для перемещения фононов в силикатных системах, находится в пределах  $10^{-7} \pm 10^{-8}$  м.

Экспериментальным подтверждением является существенное отличие теплопроводности легких бетонов с различной микроструктурой заполнителя. Например, шлакопемзобетон — наиболее тяжелый вид легкого бетона обладает наименьшей удельной теплопроводностью по сравнению с другими видами. Объясняется это высоким содержанием стекла и его физико-химическим состоянием в заполни-

теле, наличием большого количества дефектов в минералах, слагающих кристаллическую фазу, их сравнительно малыми размерами и более сложным строением относительно материалов, слагающих другие виды пористых заполнителей.

Изучение видов легких бетонов позволило сделать ряд обобщающих положений о влиянии их структуры на теплопроводность.

Общая пористость, а следовательно и плотность, не являются основными отличительными признаками теплопроводности легких бетонов. Они могут рассматриваться как определяющие в рамках феноменологических теорий для всей совокупности строительных материалов. Соответственно, за счет высокой пористости группа легких бетонов (как вид строительных материалов) имеет теплопроводность на порядок ниже, чем тяжелый бетон или цементно-песчаный раствор.

Учет влияния микроструктуры бетона, его фазовый состав позволяют существенно уточнить тенденцию изменения теплопроводности: в структурной теории для оценки теплопроводности легкого бетона необходимо применять обобщающие показатели микроструктурного уровня, характеризующие общее наличие «эффектов», тормозящих прохождение тепловых волн.

Изложенные положения использованы при разработке структурно-критериального метода прогнозирования теплопроводности легкого бетона. В основу метода положены физико-математические модели формирования теплопроводности легкого бетона, раскрывающие суть общей задачи [2].

Разработке модели по оценке  $\lambda_0$  предшествовал анализ частных моделей подходов к решению задачи теплопроводности многокомпонентных систем, который позволил установить, что в физическом смысле многие разработанные модели (в частности В. И. Оделевского, А. Миснара, В. Г. Довжика, Л. К. Кима и др.) имеют ограниченную область применения, так как представляют материал в виде механической смеси без учета физико-химического взаимодействия на контакте вяжущее — заполнитель.

Общая структурная модель теплопроводности легкого бетона с учетом контактного физико-химического взаимодействия компонентов имеет вид

$$\frac{1}{\lambda_0} = \frac{1}{\lambda_{\text{к}}} [1 + V(\beta - 1)x'x''] \quad (3)$$

где  $\beta$  и  $V$  — относительные значения теплопроводности и объема заполнителя;  $x'$  — коэффициент влияния расположения заполнителя, отражающий механический аспект модели, характеризующий ее агрегатную структуру;  $x''$  — коэффициент влияния контактной зоны, отражающий физико-химический аспект модели.

Многочисленные экспериментальные исследования позволили определить численные границы изменения  $x'$ ,  $x''$ , установить, что  $\lambda_{\text{к.з}} \leq \lambda_0 \leq \lambda_{\text{ц.п.}}$ ; вывести условия экстремальности полученной модели, обосновать области получения более статистически однородных значений  $\lambda_0$ ; разработать ряд номограмм, позволяющих с достаточной точностью интерпретировать теплопроводность легкого бетона на стадии проектирования состава бетона [5].

Практический интерес представляет доказательство существования обобщенной зависимости теплопроводности легкого бетона на основе структурно-физических представлений, раскрывающих универсальность агрегатно-структурного фактора  $M/(M+K)$ .

Вывод данной зависимости осуществляется с использованием геометрической интерпретации многочисленных экспериментальных данных по теплопроводности легких бетонов, которые представляют собой ряд подобных геометрических фигур эллипсоидной формы. Центральные оси этих фигур соответствуют статистическим значениям теплопроводности того или иного вида легкого бетона, имеют близкие углы наклона  $\alpha$ , которые характеризуют вид применяемого заполнителя (шлаков — перлит — керамзит  $\sim 56^\circ$ ). Такое геометрическое расположение осей приводит к выводу о существовании подобных структур с идентичными значениями теплопроводности независимо от плотности бетона и вида пористого заполнителя.

Теоретический характер изменения теплопроводности легкого бетона можно представить в виде гипотетического эллипса. В соответствии с видом бетона и структурой эллипс разбит на ряд зон, объединенных обобщенной зависимостью. Верхняя и нижняя ветви этой зависимости ограничиваются асимптотами, равными по величине теплопроводности цементного камня в плотном и поризованном состояниях.

Это логически вытекает из теории структурообразования легкого бетона, т. е. максимально возможное воздухомышение и максимальный расход цемента приводят к сокращению расхода заполнителя, созданию более объемной матрицы, а в пределе — полному исключению заполнителя.

Математический анализ с использованием модели (3) и условий оптимизации агрегатной структуры показывает, что в общем виде эти кривые описываются уравнением, пропорциональным гиперболической функции тангенса:

$$\lambda_0 = f \ln \left( \frac{M}{M+K} \right) \lg \alpha \quad \text{при } \alpha = \frac{1}{\beta} 10^2 \quad (4)$$

Критерий подобия структур по теплопроводности для легких бетонов разных видов определяется выражением

$$A = [M/(M+K)] / \beta \quad (5)$$

Рассмотрение эксплуатационного аспекта общей задачи теплопроводности легкого бетона основывалось на анализе большого количества экспериментальных данных, полученных при длительных натуральных и климатических испытаниях ограждающих конструкций и фрагментов.

Исследования эксплуатационный этап кинетики влагосодержания стеновых панелей из бетонов на шлаковой и вулканической пемзе. Получены новые данные о влажностных приращениях теплопроводности, которые на гигроскопической стадии влагонакопления несколько выше, чем на гидроскопической и составляют 0,01—0,02 Вт/(м·°С) %.

В состоянии гидроскопического равновесия теплопроводность пемзобетона близка к теплопроводности воды, что согласуется с основными положениями термодиффузионного массопереноса на сорбционной стадии для капиллярно-пористых тел. Это позволило по новому интерпретировать понятие «критической влажности» и рекомендовать для практических расчетов теплопроводности легкого бетона во влажном состоянии следующую зависимость

$$\lambda_w = \lambda_0 + \left( \frac{\lambda_w - \lambda_0}{W_k} + C \right) W \quad (6)$$

где  $\lambda_w$  — теплопроводность воды;  $W_k$  — критическая влажность;  $W$  — влажность бетона, %;  $C$  — коэффициент, определяемый экспериментально, учитывается на стадии гигроскопического увлажнения, для шлакопемзобетона равен 0,001.

Исследована кинетика промерзания частично водонасыщенного легкого бетона. Установлено, что с понижением температуры (в пределах эксплуатационной) имеет место однозначная тенденция уменьшения теплопроводности. Это объясняется характерным для некоторых видов легких бетонов существованием двух температурных дилатометрических максимумов и связанных с ними зон инееобразования (как первая стадия льдообразования), как теплоизолирующих прослоек. Это позволило с учетом математической формулировки задачи Стефана вывести температурный коэффициент и получить зависимость теплопроводности легкого бетона в эксплуатационных условиях ( $T < T_{\phi}$ ):

$$\lambda_{\phi}(T) = \left[ \lambda_0 + \left( \frac{\lambda_2 - \lambda_0}{W_k} + C \right) W \right] \times \left[ \frac{T_{\phi} - T_n}{T_{\phi} - T_0} - \left( 1 - \frac{d}{x_{\phi}} \right) \right] \quad (7)$$

где  $T_{\phi}$  — температура фазовых переходов;  $T_n$ ,  $T_0$  — соответственно внутренняя и наружная температуры,  $x_{\phi}$  — координата границы фазовых переходов,  $d$  — толщина конструкций.

На основании полученных данных предложена зависимость для расчета термического сопротивления в условиях одностороннего воздействия отрицательных температур

$$R_{\phi} = \frac{x_{\phi}}{\lambda_{\phi}} + \frac{d - x_{\phi}}{\lambda_d(T)} \quad (8)$$

или

$$R_{\phi} = \frac{\left[ \left( \frac{T_{\phi} - T_n}{T_{\phi} - T_0} \right) \left( 1 - \frac{d}{x_{\phi}} \right) - 1 \right] \times \left( \frac{T_{\phi} - T_n}{T_{\phi} - T_0} \right) \left( 1 - \frac{d}{x_{\phi}} \right) \left[ \lambda_0 + \frac{C \times x_{\phi} + d}{\left( \frac{\lambda_2 - \lambda_0}{W_k} + C \right)} \right]}{\left( \frac{T_{\phi} - T_n}{T_{\phi} - T_0} \right) \left( 1 - \frac{d}{x_{\phi}} \right) \left[ \lambda_0 + \frac{C \times x_{\phi} + d}{\left( \frac{\lambda_2 - \lambda_0}{W_k} + C \right)} \right]} \quad (9)$$

в которой  $\lambda_0$  отражает весь комплекс технологических приемов по целенаправленному формированию структуры легкого бетона.

В плане эксплуатационных воздействий определенный интерес представляет влияние напряженно-деформированного состояния легкого бетона на его теплопроводность. С этой целью, на примере шлакобетонов [6] проведено исследование влияния структурных изменений бетонов, вызванных длительным действием нагрузки, на их теплопроводность. Характер полученной зависимости подтверждает гипотезу о первоначальном уплот-

нении и последующем разуплотнении структуры бетона. В результате этого через определенный период времени теплопроводность легкого бетона уменьшается на 20—25 % по сравнению с первоначальной.

Математическая интерпретация этой зависимости может быть представлена в виде:

$$\lambda(t) = \lambda_0 \left[ 1 + \mu \frac{e^{\alpha t}}{t} 10^{-2} (1 - 2\mu) \times \right. \\ \left. \times \left[ 1 - 1,43 e^{\beta t} 10^{-4} (1 - 2\mu) \right] + \right. \\ \left. + 4 \cdot 10^{-3} t (1,75 \cdot 10^{-4} t - 1) \right] \quad (10)$$

где  $\mu$  — коэффициент Пуассона;  $\alpha \beta$  — отрицательная продольная деформация при кратковременном действии нагрузки;  $t$  — время (сут).

Предлагаемая концепция структурной теории теплопроводности легкого бетона позволяет практически учитывать совокупность

структурно-физических факторов, определять подобные структуры легкого бетона и прогнозировать его теплопроводность в широком диапазоне, обусловленном основными закономерностями технологий

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Debye R. Vorträge über die Kinetische Theorie der Materie und Elektrizität, Leipzig, 1914.
2. Verma R, Klemens P. G., Simon F. E. Phys. Rev. 166, 864, 1950.
3. Мисигар А. Теплопроводность твердых тел, жидкостей, газов и их композиций. — М.: Мир, 1968.
4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. — М.: Физматгиз, 1963.
5. Грызлов В. С., Летавки М. И. Расчетная модель теплопроводности легкого бетона. В кн. Легкобетонное домостроение / ЦНИИЭП жилища. — М., 1987.
6. Грызлов В. С., Каптюшина А. Г. Изменение теплопроводности шлакобетона в процессе его эксплуатации // Бетон и железобетон. № 4, 1988.

## ВНИМАНИЮ

**руководителей строительных организаций, предприятий стройиндустрии, строительных кооперативов и арендных предприятий**

Институт  
«РОСПРОЕКТАГРОПРОМСТРОЙМАТЕРИАЛЫ»  
предлагает

кирпичным заводам провести исследования глины на пригодность ее для изготовления керамической плитки для пола, разработать проекты участка с максимальным использованием действующего на заводе оборудования.

#### Это позволит:

- получить керамическую плитку для пола, используя в технологической линии до 60 % стандартного оборудования кирпичного завода;

- сократить срок строительства участка для изготовления плитки и удешевить стоимость строительства в 2 раза по сравнению с вновь строящимся предприятием.

#### Наш адрес:

410005, г. Саратов, ул. Пугачевская, 147/151,  
тел. 24-21-22, 24-02-55, отдел местных строительных материалов, Ерину А. В., Савиновой Г. А.



**Возвращаясь к напечатанному**

Анализ читательской почты — важная часть деятельности редакции, которая помогает оценивать правильность подбора публикаций и направление поиска тем в работе с авторским коллективом, производственными, научно-исследовательскими, проектными и другими структурами промышленности строительных материалов.

Письма, телефонные звонки с просьбами по публикациям в журналах за 1991 год показывают, какие материалы вызывают наибольший интерес инженерной общественности. Так, значительное внимание наших читателей (а среди них сегодня — много работников вновь образованных научно-технических центров, малых предприятий) привлекли следующие статьи.

«Строительные материалы на основе отходов производства» коллектива авторов — Болдырева А. С., Волженского А. В., Исхаковой А. А., Карповой Т. А. (журнал № 1). В статье отмечается, что мощное развитие индустриального потенциала в стране оказало резко отрицательное влияние на состояние среды обитания человека. В стране накопилось около 1,2 млрд т зол и шлаков от сжигания топлива на ТЭС, многотоннажных отвалных пород от добычи угля и других ископаемых, вредных отходов производства минеральных удобрений и других веществ, и нужны масштабные мероприятия по рациональному использованию имеющихся ресурсов и предотвращению их накопления. В этом плане в МИСИ им. В. В. Куйбышева разработаны простейшие способы изготовления из названных материалов бетонов и строительных изделий пористой структуры с термообработкой их горячим воздухом или дымовыми газами без традиционного пропаривания в камерах и автоклавах. Благодаря этому расход топлива сокращается примерно в 3 раза.

В статьях, подготовленных специалистами ЦНИИЭПсельстрой,

«Монолитные стеновые конструкции из поризованного бетона и на основе гилсодержащих материалов» (Липидус М. А., Рогов В. А. — журнал № 2), «Мелкие стеновые блоки из неавтоклавногазозолобетона» (Амханицкий Г. Я., Липидус М. А., Туркина И. А. — журнал № 7) рассматривается как перспективный монолитный способ возведения малоэтажных зданий. При этом предусматривается использование местных материалов и отходов промышленности — грунта, гипса, смолы, фосфогипса, шлаков, зол, так же, как и для приготовления неавтоклавногазозолобетона, из которого формируют мелкие стеновые блоки, применяемые в сельском строительстве.

Многих заинтересовала статья «Машиностроители — промышленности строительных материалов», написанная Завельским И. М. (журнал № 5). Автор рассказывает в ней о создании в головном институте отрасли — Гипростроммашине основного технологического оборудования для оснащения промышленности строительных материалов. Теплоизоляционные и кровельные материалы, изделия, асбестоцементные, гипсовые, из природного камня, ячеистого бетона, каменного литья на основе перлита, освоены промышленностью, выпускаются с применением в основном оборудования, изготовляемого по чертежам Гипростроммашины.

Самое большое число запросов пришло по статье «Производство древесного лигноуглеводного пластика» автора Пляскина Ю. П. из Проектно-технологического треста «Дальоргтехводстрой» (журнал № 6). В отличие от древесностружечных плит древесный лигноуглеводный пластик изготавливают без связующего. Сырьем служат практически любые древесные отходы — опилки, кора, щепа, кусковые отходы. Способ получения пластика ос-

нован на использовании клеящей способности компонентов древесины, которая проявляется при соответствующих давлении и температуре.

Статья Терновского А. Д. «Местные материалы для возрождения села» (журнал № 6) содержит комплекс мер, направленных на развитие материальной базы для сельского строительства, предусмотренных постановлением Совета Министров РСФСР «О развитии мощностей сельского домостроения в 1991—1993 годах». Для увеличения производства кирпича, в частности в Саратовской области, вновь созданная Ассоциация «Поволжье» будет выпускать комплектное оборудование для керамических заводов малой мощности (5—8 млн шт. усл. кирпича в год). Будут созданы мощности по производству мягкой кровли, керамической и цементно-песчаной черепицы, других материалов.

Тем, кого привлекает перспектива иметь небольшое предприятие по изготовлению кирпича, а таких среди наших подписчиков немало, безусловно, поможет знакомство со статьей Стаховского О. К., директора Днепронетровского отделения УкрНИИИстромпроекта «Завод керамического кирпича малой мощности» (журнал № 10). Проектная мощность завода — 10—20 млн шт. усл. кирпича в год. Продукция его — полнотелый или эффективный с пустотностью до 27% керамический кирпич (ГОСТ 530—80). В статье указаны отличительные особенности описываемого производства.

В течение минувшего года в журнале было опубликовано 160 статей научно-технического характера, более 40 информационных сообщений, 118 рекламных материалов. По многим в редакцию поступили запросы, отзывы. Реакция читателей на некоторые материалы вызвала необходимость вновь вернуться к затронутым в них темам.

В результате ряда рекламных публикаций появился положительный опыт заключения торговых соглашений и положено начало деловому сотрудничеству.

Обращаясь к нашим читателям, редакция хочет показать возможность приобретения партнера с помощью использования страниц журнала, что является необходимым фактором в становлении рыночных отношений в отрасли.

**Приглашаем к сотрудничеству!**

А. И. ЕЛФИМОВ, канд. техн. наук, главный специалист концерна «Асбест», Б. В. КОРНЕЕВ, канд. геол.-минерал. наук (ВНИИпроектасбест)

### Учредительная конференция национальной асбестовой ассоциации

В Москве 30 октября 1991 г. состоялась Учредительная конференция национальной асбестовой ассоциации.

В работе конференции участвовали представители асбестовой, асбестоцементной, асбестотехнической, металлургической, судостроительной и других отраслей промышленности, профсоюза работников строительства и промышленности строительных материалов, Верховного Совета СССР, институтов Академии медицинских наук, других отраслевых и академических институтов, внешнеэкономических объединений.

Ассоциация образована с целью объединения усилий промышленности, профсоюза, ученых для решения проблемы безопасного использования асбеста, расширения международного сотрудничества, что может быть особенно плодотворным после вступления нашей страны в 1991 г. в Международную асбестовую ассоциацию и Международную группу по безопасному использованию волокон и в связи с подготовкой к ратификации Конвенции МОТ № 162 и дальнейшим ее соблюдением. Задача, стоящая перед ассоциацией:

активная пропаганда, в том числе в прессе, способов безопасного использования асбеста под контролем потребителей и населения;

координация деятельности с Международной асбестовой ассоциацией, Международной Группой по безопасному использованию волокон, национальными асбестовыми ассоциациями других стран, реализация совместных с ними программ и проектов;

участие вместе с иностранными специалистами в разработке и утверждении нормативов ПДК для асбеста и методик измерения этого показателя в объектах окружающей среды, в пищевых продуктах и в технологических материалах;

оказание методической и технической помощи предприятиям, добывающим и использующим асбест, а также помощи в освоении

отечественных и международных методик контроля содержания асбеста в воздухе производственных помещений и атмосфере городов; координация финансирования научно-исследовательских работ по методико-биологическим и инженерно-техническим аспектам безопасного использования асбеста под контролем;

содействие ратификации Конвенции МОТ № 162 по охране труда при использовании асбеста под контролем на основе санитарного законодательства;

подготовка и проведение семинаров, выставок по названным выше вопросам, участие в конференциях и симпозиумах, других мероприятиях по обмену опытом, отечественным и зарубежным;

подготовка для научных изданий и средств массовой информации материалов по зарубежным и оте-

чественным исследованиям и издательская деятельность по проблеме охраны здоровья населения и допустимого риска работающих с асбестом и другими промышленными волокнами.

На конференции приняты Устав и Учредительный договор, выбраны руководящие органы.

Местом расположения исполнительской дирекции определен г. Асбест Свердловской области.

Регистрация ассоциации состоялась 14 ноября 1991 г. в Асбестовском исполкоме городского совета народных депутатов.

*Адрес ассоциации: 624060, г. Асбест, Свердловской обл., ул. Промышленная, 7. Асбестовая информационно-научная ассоциация*

*Телефон (343-65) 90-303, телеграмм 848525, факс (343-65)-2-66-24.*

### По страницам журналов

**Курдовски В. Минеральные добавки в цемент и стойкость бетона**// Цемент-Вапно-Гипс, т. XLIV/LVIII, 1991, № 6. Рассмотрено влияние введенных в цемент минеральных добавок на сопротивление цементного камня воздействию внешних факторов и, следовательно, на стойкость бетона, изготовленного из данного цемента. Лучшим способом защиты цементного камня в бетоне является снижение проницаемости последнего для жидкостей и газов. Коррозия бетона может происходить в жидкой среде, либо в условиях значительной атмосферной влажности. Два основных механизма коррозии бетона в агрессивных средах -- это растворение составляющих соединений и реакции расширения. Последние связаны с растрескиванием и разрушением бетона. Установлено, как ведет себя тесто с минеральными добавками в агрессивных средах. Отмечено благоприятное влияние шлака, золы и кремниемистей пыли, снижающее скорость диффузии ионов в бетонах.

**Рудзиньски Л., Хебда Л. Предварительные исследования цементных растворов, упроченных угльным волокном** // Цемент-Вапно-Гипс, т. XLIV/LVIII, 1991, № 4—5.

Угльные волокна в цементный раствор вводят с целью повышения стойкости материала хрупкому растрескиванию, увеличения прочности при растяжении и изгибе, а также ударной. В исследованиях использовали угльное волокно польского производства (по разработкам Института химического волокна в г. Лодзи) диаметром 7,6 мкм, прочностью при растяжении 3,2 МПа, при модуле Юнга 225 МПа и плотности 1780 кг/м<sup>3</sup>. Целью предварительных исследований было определение прочности растворов, упроченных угльным волокном и изучение изменения зависимости сила-прогиб.

**Густав К., Беняс З., Иванц и в Я. Гидратация и свойства ангидрит-глинкерно-зольных вяжущих**// Цемент-Вапно-Гипс, т. XLIV/LVIII, 1991, № 6.

Исследования прочности вяжущих, твердеющих в воде и после высушивания. Вяжущие с содержанием 50 % ангидритной муки, 30 % нидландцементного клинкера и 20 % летучей золы после одного года гидратации достигают прочности при сжатии 18 МПа, а после высушивания 64 МПа.

## Из переписки с читателями

В редакцию поступают письма от наших читателей — руководителей проектных организаций, научно-технических центров, малых предприятий, а также индивидуальных застройщиков, в которых содержится просьба пояснить, не являются ли радиоактивными асбестоцементные материалы, в частности, шифер, можно ли использовать их без опасения за здоровье людей в строительстве жилых и гражданских зданий, домов усадьбного типа и садовых домиков.

Редакция обратилась за консультацией к специалистам научных институтов, являющихся профилирующими в области профессиональных заболеваний, охраны здоровья человека и защиты окружающей среды.

По сообщениям руководителя лаборатории спектрометрии Ленинградского института радиационной гигиены, д-ра техн. наук Э. М. Крыска и главного научного сотрудника НИИ гигиены труда и проф-

заболеваний АМН СССР, д-ра медицинских наук Л. Т. Еловской, асбест и асбестоцементные изделия (в том числе шифер) сами по себе не могут быть источником вредностей, если технология изготовления асбестоцемента и сырьевые компоненты соответствуют государственным общесоюзным стандартам. Таким образом, в отношении влияния на здоровье человека асбестоцементные изделия не более вредны, чем кирпич, бетон, железобетон и другие строительные материалы, а радиоактивное излучение у асбестоцемента ниже, чем у последних.

Что касается вопроса о канцерогенности асбеста и асбестоцементных изделий, так же интересующего, в основном, тех, кто собирается строить или ремонтировать свои строения, то эта тема поднималась на страницах нашего журнала. Ей были посвящены статьи Б. А. Соинна, Г. Н. Шишкина «Асбест или его заменитель» (№ 8, 1989 г.),

Ю. С. Гризака, Б. А. Соинна «Ускорение технического прогресса и проблемы экологии в асбестовом и асбестоцементном производстве» (№ 6, 1989 г.), А. И. Елфимова «Работа с асбестом должна быть безопасной» (№ 4, 1991 г.) и его же статья «Учредительная конференция Международной группы по безопасному использованию волокон» (№ 9, 1991 г.).

Из этих публикаций следует вывод: большинство ученых и специалистов считают, что применение асбеста, в том числе и в производстве асбестоцементных изделий, при осуществлении соответствующего контроля вполне безопасно. Международная организация труда (МОТ) также признает право асбеста на его использование наряду с другими материалами и веществами.

Материал подготовлен  
Л. С. ЭЛЬКИНД

### **Внимание работников предприятий, строительных организаций, кооперативов**

На Сургутском заводе строительных материалов изготовлена и с 1987 г. успешно эксплуатируется валковая дробилка для производства керамзитового песка.

Получаемый песок отвечает требованиям ГОСТ 9757—90.

В производстве железобетона при замене речного песка на керамзитовый происходит снижение плотности бетона на 300 кг/м<sup>3</sup>, снижается теплопроводность. Производительность дробилки — до 140 м<sup>3</sup>/сут. Затраты на изготовление и обслуживание минимальные. Дробилка может быть изготовлена в условиях механической мастерской.

Завод имеет возможность выслать заинтересованным предприятиям комплект чертежей.

По всем вопросам обращаться по адресу:  
626400, Тюменская область, г. Сургут-4, ул. Аэрофлотская, 5.  
Завод строительных материалов.  
Телефоны для справок: 75-3-55; 75-4-75.

# ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ ЖУРНАЛА!

В 1992 г. в связи с повышением тарифов на доставку журнала, ростом цен на бумагу и полиграфические услуги изменяются условия подписки на 1992 г.

С 15 марта по 1 мая предполагается провести новую подписную кампанию на периодическую печать. Об изменении цены на журнал мы уведомим читателей в следующем номере.

## Рефераты опубликованных статей

УДК 678.632.32.21

Технология производства фенолоформальдегидных пенопластов пониженной горючести / Ю. Е. Пикомарев, Е. Л. Розенфельд // Строит. материалы. 1991. № 2. С. 2—4

Предложена технология получения пенопластов пониженной горючести из смеси вспениваемых фенолоформальдегидных полимеров с введенным в качестве вещества, снижающего горючесть, органических втипиренов и наполнителей-втипиренов. Показано, что введение в состав композиций для получения пенопластов модифицированной древесной муки позволяет снизить горючесть пенопластов на 20—30 % и уменьшить полимероскопость на 3—5 кг при сохранении основных физико-механических показателей. Табл. 2, библи. 13.

УДК 606.536.2.681.2

Киселев И. Я., Сильвестров А. Л. О международном межлабораторном сопоставлении результатов измерения теплопроводности теплоизоляционных материалов // Строит. материалы. 1992. № 2. С. 12—13

Приведены результаты проведенного по инициативе НИИ Стройфизики международного межлабораторного сопоставления результатов измерения теплопроводности строительных материалов на приборах, которыми оснащены наши ключевые институты, а также канадской и финской фирм. Установлено, что значения теплопроводности материалов, определенные на основе показаний приборов, имеющих в отечественных лабораториях, на 10—20 % больше, чем эти же показатели для тех же образцов, зафиксированные на приборе канадского Института исследований в области строительства. Сделаны выводы о необходимости устранения причин ошибки измерения теплопроводности материалов на приборах, которыми оснащены наши институты, а также пересмотра ГОСТ 7076-87 с целью приведения его в полное соответствие с требованиями стандарта ИСО 8301. Табл. 2.

УДК 628.511.2:666.965.2

Баженков В. Н., Минко В. А., Казачков Н. А. Циклонные пылеуловители для очистки газа от наливающей пыли // Строит. материалы. 1992. № 2. С. 16—18

Показана возможность и рассмотрены конкретные примеры использования инерционных пылеуловителей типа циклон с различными конструктивными регенерирующими устройствами для обеспыливания аспирационного воздуха от технологических узлов, где происходит выделение наливающей пыли. Обоснована высокая экономическая эффективность применения циклонов в этих условиях. И. 2.

УДК 666.973.2

Воронин А. А. Использование золы гидроудаления в бетонах и растворах // Строит. материалы. 1992. № 2. С. 20—21

Рассказано о результатах использования золы гидроудаления ТЭС Калининградской области при приготовлении растворов для выполнения стукатурных работ и получения кладочных растворов золцементных смесей для изготовления легких и тяжелых бетонов на заводах железобетонных изделий и др. Приведены данные об экономии цемента, снижении материалоемкости, повышении эксплуатационных качества материалов и изделий, в том числе теплозащитных свойств ограждающих конструкций. Ил. 1.

УДК 666.973.2.022.612

Грызлов В. С. Влияние структуры легкого бетона на его тепло-технические свойства // Строит. материалы. 1992. № 2. С. 23—25

Приведена концепция структурной теплопроводности легкого бетона, которая представлена общей задачей, физико-математической моделью, рядом эмпирических зависимостей по оценке теплопроводности легкого бетона во влажном состоянии и при отрицательных температурах. Выведена формула для расчета термического сопротивления конструкций и разработан структурно-критериальный метод прогнозирования теплопроводности легкого бетона.

## IN THE ISSUE

- Ponomarev Ju. E., Rozenfeld E. L.* Production technology of phenolformaldehyde foamed plastic materials of low combustibility
- Azimov F. I., Antipov A. E.* Investigation of non-shrinkage furane polymers as dampproofing materials
- Andreev A. A., Korobko I. M., Pyatigorskaya N. I.* Optimization of the properties of perlite-bentonite products
- Polymers used for construction (from the 3-rd International exhibition-fair "Stroyindustria-91")*
- Gypsum binders and their products (from the third international exhibition-fair "Stroyindustria")*
- Kisel'ov I. Ja., Silvestrov A. L.* About the international comparison of laboratory results on measuring heat-conductivity of heat-insulating materials
- Byzov V. F., Vitkul Ju. G., Maksimchuk A. G., Ageev S. G.* Boring equipment for natural stone extraction
- Bashenov V. N., Minko V. A., Kazachkov N. A.* Cyclone-type dust-catchers for gas cleaning off sticking dust
- Voronin A. A.* Utilization of hydraulically removed ash for concrete and mortar preparation
- Zurajev A. A., Gorlov Ju. P., Burov V. Ju.* Investigation of the possible use of broken glass as an activator of binders made of basic granulated slags
- Gryzlov V. S.* The influence of lightweight concrete structure on its heat-engineering properties
- Elfimov A. I., Korneev B. V.* The constituent conference of the national asbestos association

## IN DER NUMMER

- Ponomarew Ju. E., Rosenfeld E. L.* Die Technologie der Herstellung von Phenolformaldehydplasten niedriger Brennbarkeit
- Asimow F. I., Antipow A. E.* Untersuchung von schwindfreien Furanpolymeren als Wasserspermittel
- Andreev A. A., Korobko I. M., Pjatigorskaja N. I.* Optimierung der Eigenschaften von Perlit-Bentonit-Erzeugnissen
- Polymerisationsstoffe für Bauwesen (3. Internationale Ausstellung-Messe „Stroyindustria-91“)*
- Gipsbindemittel und ihre Erzeugnisse (aus 3. Internationalen Ausstellung-Messe „Stroyindustria-91“)*
- Kiselew I. Ja., Sitwestrow A. L.* Internationale Vergleichung der Resultate von Labormessung der Wärmeleitfähigkeit von Wärmedämmstoffen
- Byzow W. F., Vitkul Ju. G., Maksimchuk A. G., Ageew S. G.* Bohrausrüstung für Natursteingewinnung
- Bashenow W. N., Minko W. A., Kasatschkow N. A.* Zyklonstaubfänger zur Gasreinigung vom Staub
- Woronin A. A.* Ausnutzung von hydraulisch beseitigten Aschen für Beton und Mörtelherstellung
- Surajew A. A., Gorlow Ju. P., Burow W. Ju.* Untersuchung der Möglichkeit der Ausnutzung von gebrochenen Gläsern als Anreger von Bindemitteln aus granulierten Schlacken
- Gryzlow W. S.* Die Wirkung der Struktur des Leichtbetons auf seine wärmetechnische Eigenschaften
- Elfimow A. I., Korneew B. W.* Gründungskonferenz nationaler Asbestvereinigungen

## DANS LE NUMÉRO

- Ponomarev Y. E., Rozenfeld E. L.* La technologie de production des mousses phénol-formaldéhyde à combustibilité faible
- Azimov F. I., Antipov A. E.* Etude des polymères de furane sans retrait en tant que matériaux d'étanchéité
- Andreev A. A., Korobko I. M., Piatigorskaja N. I.* L'optimisation des propriétés des produits en perlite et bentonite
- Les matériaux polymères pour la construction (La 3<sup>e</sup> exposition-foire « Industrie de construction-91 »)*
- Les liants à base de gypse et les produits de plâtres (La 3<sup>e</sup> exposition-foire internationale « Industrie de construction-91 »)*
- Kisselev I. Y., Silvestrov A. L.* La comparaison des données de laboratoires, au niveau international, sur la conductibilité thermique des matériaux isolants.
- Byzov V. F., Vitkul Y. G., Maksimchouk A. G., Ageev S. G.* L'équipement de forage pour extraction de la pierre naturelle
- Bajenov V. N., Minko V. A., Kazatchkov N. A.* Les capteurs de poussières cyclones pour épuration du gaz
- Voronine A. A.* L'utilisation des cendres d'évacuation hydraulique dans les bétons et les mortiers.
- Zouruev A. A., Gorlov Y. P., Burou V. Y.* Sur la possibilité d'utiliser les déchets de verre comme activateur des liants de laitier granulé
- Gryzlov V. S.* L'impact de la structure du béton léger sur ses propriétés thermotechniques.
- Elfimov A. I., Korneev B. V.* La conférence constituante de l'Association nationale d'asbeste

На первой странице обложки: формовочная установка для изготовления гипсовых плит пазогребневой конструкции

### Редакционная коллегия:

М. Г. РУБЛЕВСКАЯ (главный редактор), А. С. БОЛДЫРЕВ, А. В. ВОЛЖЕНСКИЙ, Х. С. ВОРОБЬЕВ, Ю. В. ГУДКОВ, Б. К. ДЕМИДОВИЧ, А. Ю. КАМИНСКАЯ, М. И. КОТОВ, А. Н. ЛЮСОВ, Л. А. МАТЯТИН, А. Ф. ПОЛУЯНОВ, А. В. РАЗУМОВСКИЙ, С. Д. РУЖАНСКИЙ, В. А. ТЕРЕХОВ, И. Б. УДАЧКИН, Е. В. ФИЛИПОВ, Н. И. ФИЛИПОВИЧ, Ю. Н. ЧЕРВЯКОВ, В. Р. ЧУЛОК, Л. С. ЭЛЬКИНД (отв. секретарь)

Адрес редакции: 103051, Москва, Б. Сухаревский пер., 19.  
Тел.: 207-40-34; 204-37-78

Оформление обложки художника В. А. Андросова  
Технический редактор Е. Л. Сангурова  
Корректор М. Е. Шабалина

Сдано в набор 05.12.91.  
Подписано в печать 10.01.92.  
Формат 60×88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Бумага книжно-журнальная.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,92.  
Усл. кр.-ртт. 5,92. Уч.-кд. л. 4,77.  
Тираж 11325 экз. Заказ 6875.  
Цель 1 р. 20 к. для индивидуальных подписчиков, 4 р.— для предприятий и организаций

Набрано на ордена Трудового Красного Знамени Чековском полиграфическом комбинате Министерства печати и информации Российской Федерации  
142300, г. Чехов Московской обл.  
Отпечатано в Подольском филиале  
142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25