

## Содержание

### НОВЫЕ И УЛУЧШЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- БОБРОВ Ю. Л. Изделия гофрированной структуры (ИГС) — перспективный вид тепловой изоляции 2
- АНТИПОВ А. Е., АЗИМОВ Ф. И., ЯШИН В. Р., ОРЕВКОВ Ю. С., ПУШКОВ Е. П. Гидроизоляционная стяжка с уплотняющей добавкой в устройстве рулонных кровель 4
- Кровельные материалы 5

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

- БУТКЕВИЧ Г. Р., ГУСАРЕЦ А. Ф. Разработка высоких уступов скальных пород с применением управляемого обрушения 7
- МЕЩЕРЯКОВ Ю. Г., ИВАНОВ О. И., ОПЕКУНОВ С. А. Технология производства вяжущего из фосфогипса 9
- ЭЛЬКИНД Л. С. Технологическое оборудование и установки 10

### РАСШИРЕНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ

- КРЫЛОВ В. Н., ХРЕНОВ В. И., ПАВЛОВ А. Н., ТУССЕН М. Б. К вопросу использования диоксидов различного минералогического состава в технологии силикатов 12
- ЛОЖКИН В. П., ПАЗОВЕВ З. А. Производство теплоизоляционного пенополистирола с использованием промышленных отходов 14
- ЕНДЖИЕВСКИЙ С. Л., ГОРЛОВ Ю. П., КАПИТОНОВ Г. В. Ячеистый бетон на основе вяжущего из техногенных стекол 15

### ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- ХРУСТАЛЕВ М. И., КАРПЕЕВ В. А., КОРОБОВ А. Б. Механическая очистка сточных вод с помощью двухмодульного тонкослойного отстойника 17

### РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- БОЖЕНОВ П. И. О формировании технических характеристик полидисперсных искусственных материалов 20
- ФЕРРОНСКАЯ А. В., ТОКАРЕВА В. П. Повышение биостойкости бетонов, изготовленных на основе гипсовых вяжущих 24
- ГОРЧАКОВ Г. И., ЛИФАНОВ И. И., БАГАУТДИНОВ А. А., АХМЕДОВ С. С. Прогнозирование теплопроводности композиционных материалов различного строения 27



В условиях рыночных отношений и разбалансированности производства, в том числе основных строительных материалов, резко обозначился дефицит эффективных теплоизоляционных изделий, с использованием которых возможно не только создание прогрессивных ограждающих конструкций, но и решение задачи снижения потребности строительства в кирпиче, бетоне, металле и др.

Из широкой гаммы современных теплоизоляционных материалов наибольший интерес с точки зрения возможности реального увеличения производственных мощностей и обеспечения стро-

ительства и промышленности эффективной теплоизоляцией представляют утеплители, полученные на основе минеральной ваты.

Публикуемая ниже статья знакомит читателей с некоторыми аспектами интересной разработки по проблеме «Исследование, создание технологии и внедрение минераловатных изделий гофрированной структуры», отмеченной в 1991 г. премией Совета Министров СССР «За разработку наиболее выдающихся проектов и строительство по этим проектам». Автор статьи, д-р техн. наук, проф. Ю. Л. Бобров является одним из участников разработки.

УДК 662.998—494

Ю. Л. БОБРОВ, д-р техн. наук (МИСИ им. В. В. Куйбышева) ЦМИПКС

## Изделия гофрированной структуры (ИГС) — перспективный вид тепловой изоляции

Современные технические решения облицовочных ограждающих строительных конструкций, а также монтажной изоляции оборудования и трубопроводов требуют производства и применения теплоизоляционных материалов повышенной заводской готовности, обладающих минимальной массой при высоких эксплуатационно-технических показателях [1, 2].

Из довольно широкой гаммы выпускаемых промышленностью теплоизоляционных изделий этим требованиям в наибольшей мере отвечают те, которые изготовлены на основе минерального волокна [3]. Однако традиционные минераловатные плиты и маты горизонтально-слоистой структуры характеризуются недостаточной прочностью при сжатии. Изделия с вертикальной слоистостью и пространственной структурой, получаемые из гидромассы, имеют более высокую прочность при сжатии (рис. 1), но технология их производства требует совершенствования [4].

Научно-практические работы, проведенные в нашей стране в последние 10—15 лет, показали, что наиболее перспективными с точки зрения минимизации производственных затрат и обеспечения при-

этом достаточно высоких эксплуатационно-технических свойств, являются изделия гофрированной структуры (ИГС) [3, 4, 5] и др.

Объясняется это тем, что традиционные минераловатные теплоизоляционные материалы имеют

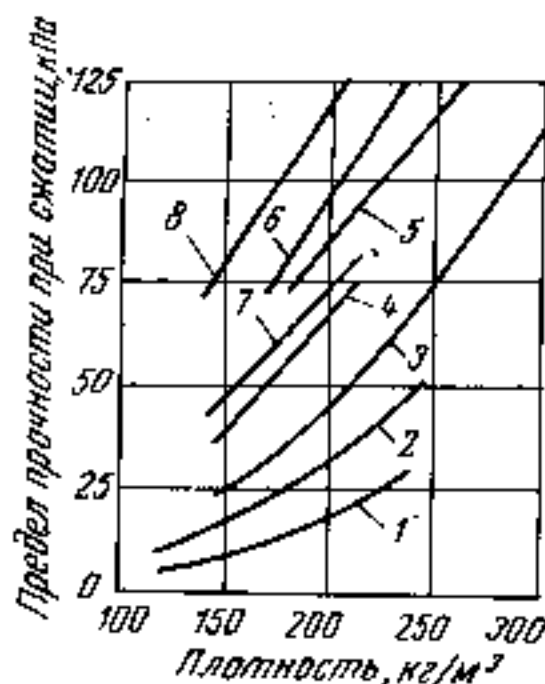


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии при 10 %-ной деформации минераловатных изделий от их структуры и плотности:

1, 2 — минераловатные изделия горизонтальной слоистости, изготовленные на устаревшем (1) и модернизированном (2) оборудовании, в том числе способом горячего прессования (3); 4, 5 — минераловатные изделия гофрированной структуры без уплотнения (4) и с уплотнением (5) слоями; 6 — минераловатные изделия пространственной структуры, изготовленные из пуховых клеев горизонтальной слоистости (7) и непосредственно из минеральной ваты (8).

ортогональную структуру с преимущественным расположением волокон в плоскостях, параллельных поверхности, т. е. имеют горизонтально-слоистую структуру (рис. 2, А и В). Этим и обусловлена их сравнительно низкая прочность при сжатии (см. рис. 1, кривая 1) и склонность к разрывам слоев в вертикальных ограждающих конструкциях. Их прочность при сжатии до известных пределов можно увеличить путем уплотнения ковра (см. рис. 1, кривые 2 и 3), а прочность на разрыв — применяя объемное армирование [6].

Исследования структуры, теплоизоляционных материалов, выполненные с использованием разработанных нами моделей (рис. 2, А, В) показали, что прочность при сжатии у изделий гофрированной структуры не везде одинаковая: большая (в 1,5—2 раза) в средней части — волокна ориентированы преимущественно вертикально и меньшая — с поверхностями — волокна растянуты, ослаблены и имеют криволинейную ориентацию. Такое свойство изделий гофрированной структуры является положительным при использовании их в слоистых конструкциях трубопроводов, оборудования, строительных

панелях и перегородках, в которых теплоизоляция находится в поджатом (обжатом) состоянии, и отрицательным — когда ИГС используются в качестве теплоизоляции, например, в покрытиях зданий и сооружений с рулонной кровлей, наклеиваемой непосредственно по утеплителю без промежуточных упрочняющих стяжек.

Оптимизация структурно-технологических параметров показала, что при необходимости сделать изделия гофрированной структуры равнопрочными по объему можно по основному двумя путями: 1) уменьшением толщины слоев  $a_1$  и  $a_2$  (см. рис. 2, III, А), а также количества криволинейных волокон, образующих основания полугофра на обеих поверхностях изделий, например, путем обрезки верхних слоев или изготовления из ковра изделий с уменьшенной до 5—10 мм толщиной (гофрированные изделия получают из ковры толщиной не менее 20—30 мм); 2) упрочнением менее прочных наружных слоев  $a_1$  и  $a_2$  (см. рис. 2, III, А) изделия до прочности, свойственной среднему слою [5, 7].

Первый путь теоретически позволяет повысить прочность наружных слоев, но на существующем отечественном оборудовании и недостаточно качественном применяемом сырье практически невозможно получить материал горизонтальной слоистости меньшей толщины

и формировать из него ковер гофрированной структуры. Кроме того, при обрезке наружных криволинейных слоев ковры снижается производительность оборудования и повышается запыленность рабочих мест и окружающей среды.

Второй путь получения равнопрочных по объему изделий позволяет реализовать скрытые резервы структуры (см. рис. 1, кривая 5). Рекомендуемая область применения теплоизоляционных материалов зависит от их плотности, прочности, вида и количества содержащегося в плитах синтетического связующего. Так, ИГС с подпрессованными или упрочненными слоями в случае прочности при сжатии не менее 60—80 кПа и плотности не более 200—225 кг/м<sup>3</sup> могут быть применены в качестве утеплителя в покрытиях зданий из профилированного настила, железобетонных и других конструкций без устройства стяжки и выравнивающего слоя. Минераловатные плиты марок от 125 до 175 служат тепловой изоляцией трубопровода с температурой эксплуатации от -50 °С до +350 °С, а также промышленного оборудования и строительных конструкций.

Наиболее перспективными из широкой гаммы минераловатных изделий гофрированной структуры различной плотности считаются все же минераловатные маты, в том числе прошивные, в которых не ис-

пользуют смолы в качестве связующих [5, 8]. По сравнению с прошивными матами горизонтальной слоистости у аналогичных изделий гофрированной структуры в 2—5 раз выше прочность при сжатии, в 1,5—2,5 раза меньше сжимаемость и значительно большая эксплуатационная стойкость при длительно действующей растягивающей нагрузке.

В сравнении с минераловатными плитами горизонтальной слоистости, для изготовления 1 м<sup>3</sup> которых требуется 9—11 кг синтетических смол, прошивные маты гофрированной структуры характеризуются меньшей (на 4—5%) сжимаемостью, большей (в 2—2,3 раза) эксплуатационной стойкостью. Их себестоимость на 2,5—3,2 р. на 1/м<sup>3</sup> ниже.

Наиболее рациональная область применения прошивных минераловатных матов гофрированной структуры — теплоизоляция трубопроводов диаметром более 108 мм, промышленного оборудования, специальных конструкций, в том числе для быстровозводимых зданий и сооружений, навесных стеновых панелей, каркасных перегородок, а также теплозвукоизоляции котельных и садовых домиков.

В прошлом году промышленное производство изделий гофрированной структуры было освоено на 21 технологической линии и составило 65—75 тыс. м<sup>3</sup> в месяц.

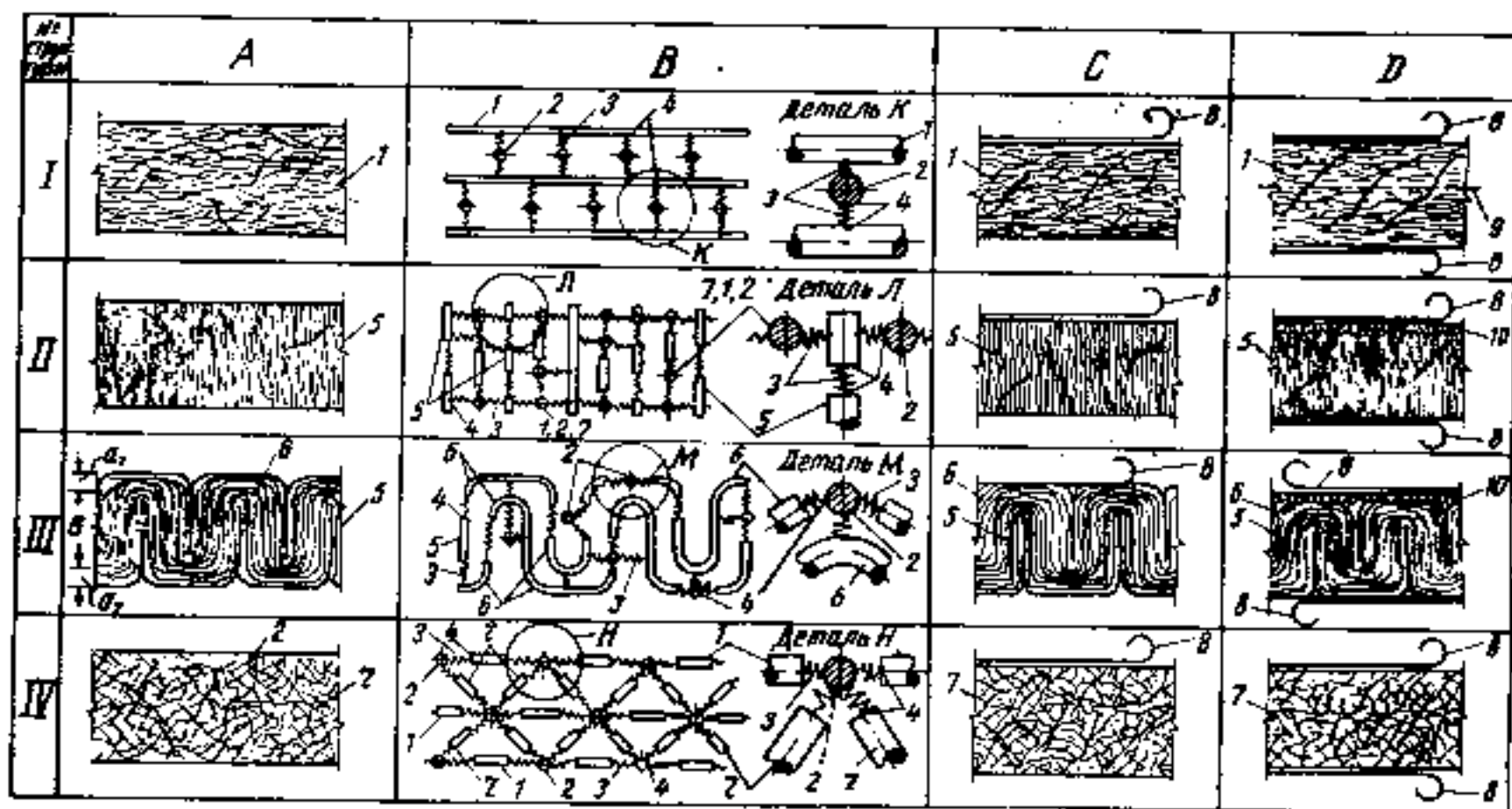


Рис. 2. Макроструктура минераловатных изделий

I, II, III и IV — изделия соответственно горизонтальной, вертикальной слоистости, с гофрированной и пространственной структурой. А — базовые решения (макроструктура); В — модели структур. С и Д — усовершенствованные технические решения; 1, 2, 3, 5, 6 и 7 — соответственно волокна преимущественно горизонтальной, пространственной, вертикальной, криволинейной, наклонной ориентации, 4 — толстые слои ковры, 8 — слои связующего, 9 и 10 — соответственно изоляционный (отделочный), армирующий и упрочняющий слои

Окупаемость затрат на переоборудование действующих технологических линий с установкой гофрировщика конструкции УралНИИ-стромпроекта составляет 5—11 мес.

Комплекс выполненных в нашей стране разработок по изделиям гофрированной структуры (технология получения, конструкции, оборудование, приборы и способы контроля технологических процессов, параметров, экспресс-контроля влагостойкости, ряд «ноу-хау») не уступает по своей значимости, новизне (15 изобретений, 3 патента) и полезности аналогичным зарубежным разработкам (в том

числе в США, ФРГ, Швеции, Финляндии и др.) и может быть объектом коммерческой реализации за рубежом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гривков В. В., Щербак Н. Н. Современные конструкции легких покрытий зданий с подвесной теплоизоляцией. Сб. трудов. ЦНИИпромзданий. М.: 1990.
2. Применение минеральной ваты в строительстве. ЦОИТИ Минобороны СССР. — М.: 1988.
3. Горлов Ю. П. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. М.: Высшая школа, 1989.
4. Тобольский Г. Ф., Бобров Ю. Л. Минераловатные утеплители и их приме-

нение в условиях сурового климата. Л.: Стройиздат, 1981.

5. Бобров Ю. Л. Долговечность теплоизоляционных минераловатных материалов. М.: Стройиздат, 1987.
6. А. С. № 678047 (СССР). [51] МКЛ<sup>3</sup> С 04 В 43/02. Способ изготовления армированных минераловатных изделий. Ю. Л. Бобров, Г. Ф. Тобольский, В. И. Симонов (СССР) — В. И. № 29. 1979.
7. А. С. № 1561480 (СССР) [51] МКЛ<sup>3</sup> С 04 В 43/02. Установка для изготовления многослойных волокнистых изделий. Ю. Л. Бобров, А. Е. Кисельгоф, И. И. Юшке (СССР) — Открытия. Изобретения. 1990. 18.
8. А. С. № 592500. (СССР) [51] МКЛ<sup>3</sup> С 04 В 43/02. Способ изготовления минераловатных прошивных гофрированных матов. Г. Ф. Тобольский, Ю. Л. Бобров, В. П. Лялин (СССР). Б. И. № 4. — 1983.

УДК 690.92:69.035.4

А. Е. АНТИПОВ, канд. техн. наук, Ф. И. АЗИМОВ, канд. техн. наук, В. Р. ЯШИН, канд. техн. наук, Ю. С. ОРЕВКОВ, канд. техн. наук (Казанский инженерно-строительный институт), Е. П. ПУШКОВ, главный инженер треста «Казаньхимстрой»

## Гидроизоляционная стяжка с уплотняющей добавкой в устройстве рулонных кровель

При производстве кровельных работ все шире применяются комбинированные рулонные покрытия [1, 2]. Наиболее распространенным гидроизоляционным материалом сегодня является рубероид. Устройство рулонных кровель в промышленных и гражданских зданиях с плоскими совмещенными крышами осуществляется чаще всего с укладкой растворной стяжки по плитному и засыпному (порошковому) утеплителю.

Специалистами Казанского инженерно-строительного института и треста «Казаньхимстрой» разработана технология изготовления гидроизоляционной растворной стяжки из цементно-песчаного раствора с новой уплотняющей добавкой.

Известны гидроизоляционные растворы с различными уплотняющими добавками: азотно-кислым кальцием, алюминатом натрия, ГКЖ, битумной и полиэтиленовой эмульсией и др. [3—6].

Авторами предложена эффективная уплотняющая добавка в виде водной эмульсии, полученной на основе низкомолекулярного поли-

этилена и жидкого стекла [7]. Состав эмульсии, %: низкомолекулярный полиэтилен — 25; олеиновая кислота — 6; кальцинированная сода — 1,5; натриевое жидкое стекло с модулем 2,6 · 3 — 0,5; вода — 67. Свойства эмульсии: порог водоразбавления — 160 %; дисперсность — 0,18 %; стабильность — 13 мес; пенообразование — 15 %; консистенция по ВЗ-4 — 110—120 с.

Предложенную уплотняющую добавку — водную эмульсию готовят из низкомолекулярных полиэтиленов (НМПЭ-2 и НМПЭ-3) с молекулярной массой до 4000 (ТУ-6-05-1837-82, отход производства ПО «Оргсинтез», г. Казань).

Экспериментально-графическим методом оптимизированы гидроизоляционные растворы с предложенной новой полиэтиленовой эмульсией: а) из отдельных составляющих — цемента, песка, воды, уплотняюще-пластифицирующей добавки (раствор № 1);

б) из готового кладочного цементно-песчаного раствора класса В-7,5 (М 100) путем введения в него уплотняюще-пластифициру-

ющей добавки (раствор № 2).

Составы гидроизоляционных растворов показали.

Компоненты гидроизоляционного раствора	Количество, % по массе
<b>Раствор № 1</b>	
Нортландцемент марки М 400	25
Песок марки, $M_{кр} = 1,5-2$	62,5
Золы-гидроуноса	0,75
Эмульсия низкомолекулярного полиэтилена	1
Вода на условиях, что $V/C = 0,47$	11,45
<b>Раствор № 2</b>	
Цементно-песчаный готовый раствор класса В-7,5 подвижностью 4-6 см	98,25
Золы-гидроуноса	0,75
Эмульсия низкомолекулярного полиэтилена	1

У гидроизоляционных растворов с известными нам уплотняющими добавками [3, 5, 6] должна быть малая подвижность (2—3 см) для увеличения трещиностойкости и снижения пористости растворного покрытия. С увеличением содержания воды в растворах резко ухудшаются эти свойства. Жесткие же гидроизоляционные растворы трудно транспортировать по трубопроводам с применением

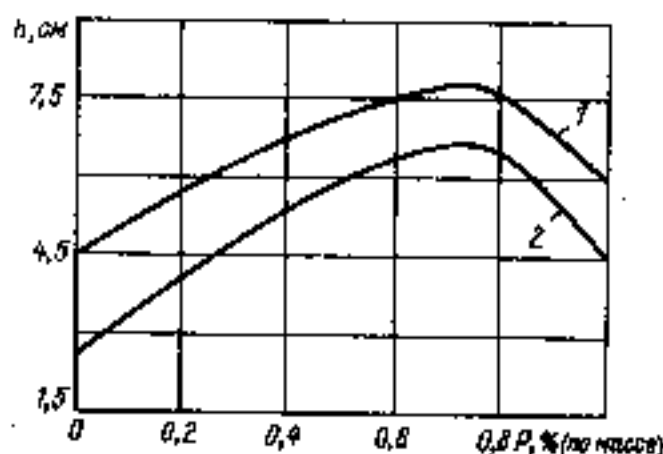
диафрагмовых растворонасосов. Чтобы повысить подвижность гидроизоляционного раствора без увеличения содержания воды для транспортирования его на крышу здания по трубопроводам с помощью серийно выпускаемых штукатурных станций, предложено пластифицировать их. Это достигается путем введения тонкомолотой золы-гидроуноса ТЭЦ фракции, которая проходит через сито с сеткой № 015.

Рекомендуется использовать золу-гидроуноса ТЭЦ, пролежавшую в отвалах не менее 5 лет.

Изменение подвижности растворов, устанавливаемой по конусу СтройЦИЛ, в зависимости от количества золы в гидроизоляционных растворах, полученных на основе водной эмульсии низкомолекулярного полиэтилена показано на рисунке. Как видно из рисунка, оптимальное содержание золы в растворах составляет 0,75 % его массы. С введением золы в раствор его подвижность повышается в 2—2,5 раза без увеличения водоцементного отношения.

В покрытиях из гидроизоляционных растворов № 1 и 2 не появляются усадочные трещины. Такие растворы с подвижностью 6—8 см хорошо транспортируются по резиновым шлангам по вертикали и горизонтали с помощью диафрагмовых растворонасосов.

Физико-механические свойства и эксплуатационные характеристики разработанных гидроизоляционных растворов приведены в таблице.



Кривые изменения подвижности гидроизоляционных растворов в зависимости от количества золы гидроудаления P в композиции, приготовленных на основе водной эмульсии низкомолекулярного полиэтилена

Долговечность защитного покрытия из гидроизоляционного раствора во многом зависит от его трещиностойкости. Экспериментальными исследованиями из условия обеспечения требуемой трещиностойкости установлено, что температурно-усадочные швы, разделяющие поверхность стяжки на

Физико-механические свойства растворов	Состав раствора	
	№ 1	№ 2
Подвижность растворной смеси, см	6,5	8
Прочность раствора, МПа		
при сжатии	10,7	8,8
при изгибе	3,45	3,2
Водопоглощение, %		
через 24 ч	6,8	7
через 12 мес	9,3	9,4
Водонепроницаемость, МПа	0,45	0,4
Прочность при сжатии после 12 мес пребывания в воде, МПа	12,1	9,5
Морозостойкость, циклы	50	50
Линейная усадка покрытия за 28 сут, %	1,4	1,5

карты, должны быть размерами не более 6×6 м. Эти швы выполняют с помощью специальных деревянных или металлических реек-направляющих. Через 2—3 дня швы заливают горячей или холодной битумной мастикой.

Устройство гидроизоляционной растворной стяжки на кровельном покрытии позволяет сократить число слоев рубероидного рулонного ковра: в 3-слойном — на 1 слой; в 4—5-слойном — на 2 слоя. Предложенные составы и технология их укладки внедрены на объектах треста «Казаньхимстрой» и показали высокую эффективность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белевич В. Б. Кровельные работы. — М.: Высшая школа, 1987.
2. СНиП II-26-76 «Норма проектирования. Кровли».
3. Покрышкин В. М. Гидроизоляционные работы. — М.: Стройиздат, 1985. (Справочник строителя).
4. А. с. СССР № 206871 М. Кл. 806. 1/01, МПК С. 04 В. Способ приготовления бетонов / З. А. Смолькова, А. И. Груа (СССР). В. И. — № 24. — 1967.
5. Бориславская И. В., Лаврега Л. Я., Соболевская С. Г. Бетоны с добавкой полиэтиленовой эмульсии / Строит. материалы, 1976, № 4.
6. Гидроизоляционная стяжка для полов / А. Е. Антипов, В. Р. Яшин, Ю. С. Орехов, Ф. И. Азимов, Е. П. Пущков // Строит. материалы, 1991, № 1.
7. Положительное решение на выдачу авторского свидетельства от 13.02.1991 г. по заявке № 4827059 от 22.05.1990. МКл 5 С04В 24/26 «Добавка для приготовления строительного гидроизоляционного раствора» / А. Е. Антипов, Ф. И. Азимов, В. А. Белобородов, Ю. С. Орехов, Г. Ф. Абдулина.

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

## Кровельные материалы

Холодные безбитумные мастики на основе отходов промышленного производства разработаны Конструкторско-технологическим институтом концерна «Росгострой». Мастики предназначены для устройства рулонных кровель на промышленных, жилых и общественных зданиях, а также для гидро- и паронизации строительных конструкций.

Приготовление холодных безбитумных мастик МБ-Х-75 не требует расхода дефицитного битума и

осуществляется на стационарных механизированных установках, а нанесение готовых мастик при устройстве кровли и гидроизоляции выполняется с применением передвижных кровельных установок (ПКУ) Конструкторско-технологического института.

Внедрение гидроизоляционного материала позволяет полностью механизировать процессы приготовления и нанесения кровельных мастик; повысить производительность труда рабочих-кρο-

пельщиков в 3—4 раза по сравнению с таковой при работе с горячими битумными мастиками; выработка одного рабочего в смену составляет 200—250 м<sup>2</sup> рулонной кровли; улучшить условия и повысить безопасность труда рабочих.

Холодная безбитумная мастика применяется на строительных объектах в гг. Туле, Новомосковске, Брянске, Куйбышеве, Перми.

В настоящее время строятся стационарные механизированные установки для приготовления холод-

ных безбитумных мастик в гг. Курске, Саратове, Ульяновске, Тамбове, Пензе и других городах при технической помощи института.

Качество рулонных кровель и гидроизоляции, устраиваемых с применением безбитумных мастик, соответствует всем требованиям строительных норм и правил. Это подтверждено опытом пятилетней эксплуатации кровельных покрытий.

Универсальный кровельный гидроизоляционный материал — **битумную эмульсионную мастику** предлагает научно-исследовательский институт сейсмостойкого строительства.

Битумная эмульсионная мастика (БЭМ) — водная дисперсия нефтяных битумов, получаемая из местных минеральных эмульгаторов и наполнителей, на основе определенного технологического процесса. Применяется она для устройства мастичных кровель и гидроизоляции жилых, промышленно-гражданских зданий и гидротехнических сооружений в холодном состоянии. Мастика не теряет своих свойств при длительных сроках транспортирования и хранения.

Битумная эмульсионная мастика, как гидроизоляционный материал, по сравнению с традиционными рулонными рубероидными покрытиями, отличается повышенной водостойкостью и водонепроницаемостью, высокой долговечностью и экономичностью, достаточной деформативностью и трещиностойкостью. Работы, выполняемые с применением такой мастики, можно механизировать.

Основные физико-механические характеристики мастики: водостойкость — водопоглощение — 4–6% по массе; набухание — 1–1,5% по объему; теплоустойчивость — 80–100 °С; растяжимость при 25 °С — 10–40; сцепление с бетоном — 0,15–0,2.

Специалисты Проектно-технологического бюро ассоциации «Мособлстройматериалы» разработали **битумно-резиновую мастику** для приклеивания плит из пенопласта к железобетонным панелям и рулонной гидроизоляции — к утеплителю. Кроме того, мастику можно применять в качестве антикоррозионного покрытия металлоконструкций зданий и сооружений. Мастика может служить также гидроизоляцией для конструктивных элементов и заменять лако-

красочный состав с одновременным антикоррозионным эффектом для покрытия металлических поверхностей.

Битумно-резиновая мастика представляет собой однородную сметанообразную массу черного цвета, которую получают, перемешивая в смесителе нефтяной битум, лак «Кукерсоль», латекс и дробленую резину.

**Физико-механические показатели мастики**

Теплостойкость, °С, в течение 5 ч . . . . .	70
Склеивающая способность, %, не менее . . . . .	70
Адгезия, МПа, не менее . . . . .	0,15
Условная вязкость . . . . .	20 КВ

Содержание резиновой крошки в составе мастики делает ее более густой, улучшает качество сцепления склеиваемых поверхностей.

Изготовитель битумно-резиновой мастики — Песковский комбинат

строительных материалов (Моск. обл.).

Взамен совмещенной вентилируемой с внутренним водостоком кровли с цементно-песчаной стяжкой и 3-слойным гидроизоляционным ковром, трудоемкой в изготовлении, Челябинским проектно-конструкторско-технологическим институтом предложен вариант безрулонной вентилируемой кровли так же с внутренним водостоком. По сравнению с первым он имеет ряд преимуществ: безрулонная кровля долговечная, менее трудоемкая в изготовлении, выполнять ее можно независимо от сезона, нет опасности протекания стыков и замачивания утеплителя.

Экономический эффект от внедрения безрулонных кровель на домах серии 81-05 составляет 3,12 р. на 1 м<sup>2</sup> покрытия.



**ВЫСТАВКА "США-92"  
ВОЗМОЖНОСТИ  
ДЕЛОВОГО  
СОТРУДНИЧЕСТВА**

**19-27 МАЯ 1992 г.**

**МОСКВА  
КРАСНАЯ ПРЕСНЯ  
ПАВИЛЬОН № 1**

"США-92" АСТЭС  
121248 Москва  
Набережная Шевченко, 3  
Телефон 243-5470  
Факс 230-2467  
Телекс 413212

"USA-92" ASTEC  
805 Third Avenue  
New York, NY 10022  
Telephone 212-644-4550  
Fax 212-752-0889  
Telex 425053



УДН 479.8.002.5

Г. Р. БУТКЕВИЧ, канд. техн. наук (ВНИПИИстромсырье), А. Ф. ГУСАРЕЦ, главный инженер ПО «Укрсазкамень»

## Разработка высоких уступов нескальных пород с применением управляемого обрушения

Увеличение высоты уступа обеспечивает концентрацию выемочно-погрузочных и транспортных работ на карьерах. Правила техники безопасности запрещают разрабатывать нескальные породы уступами, высота которых превышает высоту черпания выемочного оборудования. Значительное количество месторождений сырья промышленности строительных материалов имеют мощность вскрыши и нескального полезного ископаемого 25—30 м и более.

Технология, предусматривающая разработку нескольких горизонтов, сопряжена с необходимостью увеличивать протяженность транспортных коммуникаций, создавать дополнительные заезды на уступ, перегонять экскаватор с уступа на уступ, значительно уменьшать угол откоса рабочего борта карьера. При разработке суглинков и глин с применением автотранспорта возникают трудности с эксплуатацией дорог в осенний и весенний периоды.

Высота черпания мехлопат, эксплуатируемых на карьерах промышленности строительных материалов, обычно не превышает 10—12 м (Э-2503, ЭКГ-5, ЭКГ-8И). Использование экскаваторов с большей высотой черпания сопряжено со значительным снижением технико-экономических показателей выемочно-погрузочных работ (табл. 1). Сравнение выполнено для экскаваторов, изготовленных одним заводом — Ижорским механическим, чтобы исключить отклонения из-за различий в конструктивных решениях, методах расчета рабочих параметров, неизбежных при сравнении оборудования различных фирм. Так, применение вместо мехлопаты ЭКГ-8И экскаватора ЭКГ-4у позволяет увеличить высоту уступа с 12 до 22 м. При этом

Таблица 1

Тип экскаватора	Высота черпания, %	Высота черпания, %	Продолжительность, %	Производительность, %	Мас. сж., %
ЭКГ-8И	100	100	100	100	100
ЭКГ-6.3. Зис	79	137	108	73	101
ЭКГ-4у	50	176	115	44	98

издержки на выемку и погрузку возрастают более чем в 2 раза, не считая дополнительных осложнений из-за значительного увеличения высоты разгрузки ковша и налипания породы к его стенкам при разгрузке при угле наклона менее 60°.

Чтобы обеспечить безопасность разработки уступов увеличенной высоты, их верхнюю часть, находящуюся за пределами высоты черпания выемочно-погрузочной машины, обрабатывают другим спо-

собом. Получили распространение схемы с перемещением пород с верхней части уступа бульдозером, взрывным способом, перевалкой драглайном или мехлопаты. Имеется опыт разработки нескальных пород одним уступом высотой несколько десятков метров с использованием управляемого обрушения (табл. 2).

В США и России применялась одинаковая технология добычных работ с конвейерным транспортом, разрабатывались уступы высотой несколько десятков метров. За прошедшие десятилетия технология не претерпела принципиальных изменений, однако накоплен опыт применения, кроме конвейерного, автомобильного и железнодорожного транспорта при разработке не только песчано-гравийных пород, но и суглинков и глин.

На верхней площадке уступа устанавливают драглайны малых

Таблица 2

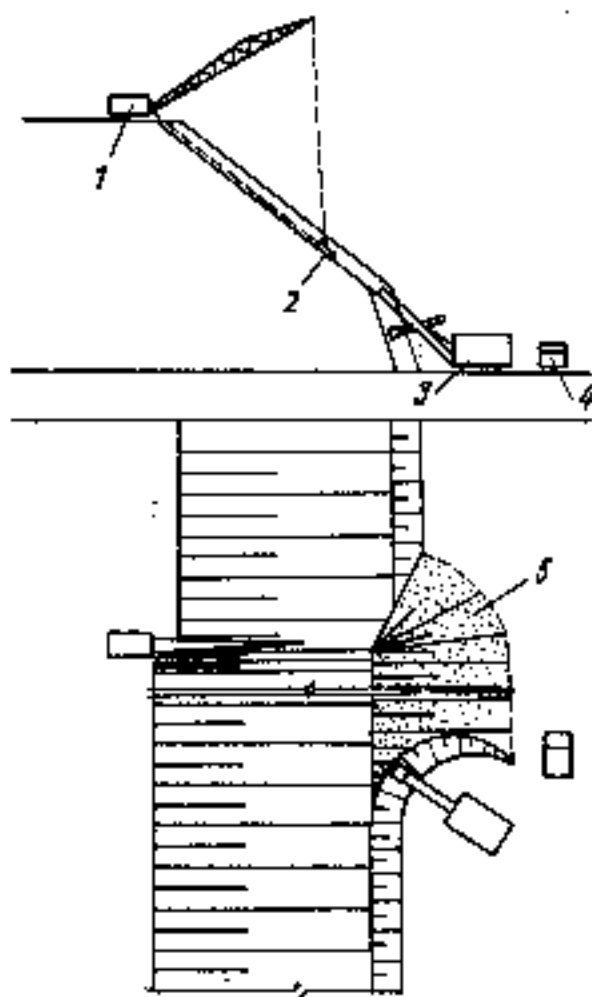
Карьер, страна	Породы	Высота уступа, м	Выемочно-погрузочное оборудование		Вид транспорта	Преимущества черпания, раз	Способ обрушения верхней части уступа	Тип рабочего органа
			Тип	Высота черпания, м				
Азуза-Вестерн, США	Цементированные песчано-гравийные	68	110Б	10	Конвейерный	6,8	Драглайном	Планта с зубьями
Оравдж, США	Песчано-гравийные	46	120Б	11,3	Конвейерный	4,1	То же	То же
Песчавский, Украина	Суглинки, глины	32	ЭКГ-5	11,2	Автомобильный	2,8	То же Э-2503	Лотковый
Тучковский № 3, Россия	Песчано-гравийные	23	Э-1251	7,8	Конвейерный	3	Взрывной	Нет
Афанасьевский, Россия	Глины	23	ЭКГ-4,6	10,2	Автомобильный	2,2	Драглайном ЭШ-4/40	Лотковый
Борисова Гора, Россия	Песчано-гравийные	20	ЭКГ-5	11,2	Автомобильный	1,8	Драглайном ЭО-4123	Якорь
Волосто-Пятицкий, Россия	Песчано-гравийные	18	Э-2508	9	Железнодорожный	2	То же Э-1003	Лотковый

типоразмеров. Драглайны вместо ковша снабжены рабочим органом нового типа. Драглайн забрасывает рабочий орган на откос уступа. При движении рабочего органа вверх по откосу порода разрыхляется и под действием сил гравитации сползает на нижнюю рабочую площадку уступа, образуя штабель (рисунок). На нижней рабочей площадке установлены мехлопата и забойные ленточные конвейеры, загружаемые при помощи бункеров-питателей различных типов. Применяется торцовое расположение забойных ленточных конвейеров.

В США, кроме того, для дробления крупных валунов используют дробильные агрегаты. Конструкция рабочих органов различается. В США рабочий орган представляет собой плиту (лист стали значительной толщины), к углам которой присоединены зубья экскаватора. В России на карьере Дмитровского завода МЖБК отдали предпочтение конструкции в виде якоря — стального стержня с приваренными лапами.

ВНИПИИстромсырье создал новую конструкцию рабочего органа в форме лотка с режущей кромкой. Изготовление организовали на одном из опытно-производственных предприятий института. Изменение конструкции позволило получить качественно новый эффект: лотковый рабочий орган успешно обрушает не только разделяюще-зернистые породы (песчано-гравийные, песок), но и связанные, включая тяжелые глины. В течение 20 лет лотковыми рыхлителями были оснащены различные экскаваторы, от Э-652 до ЭШ-4/40. Установлено, что производительность по горной массе драглайна с лотковым рыхлителем возрастает в 5—7 раз по сравнению с разработкой аналогичных пород стандартным ковшом. При разработке глин угол откоса верхней заоткашиваемой части уступа уменьшился до 37°.

В 1976 г. управляемое обрушение начали применять на Песчанском карьере ПО «Укрсакамень» при отработке вскрышного уступа высотой более 30 м. Вскрышные породы представлены глинами и суглинками. Управляемое обрушение осуществляет драглайн Э-2503. Угол откоса заоткашиваемой части уступа равен 37°, штабеля обрушенной породы 43°. Порода из целика в пределах высоты черпания и штабеля мехлопата ЭКГ-5 отгружает в автоса-



Технология разработки уступа увеличенной высоты

1 — драглайн; 2 — рабочий орган; 3 — мехлопата; 4 — автосамосвал; 5 — штабель обрушенной породы

мосвалы БелАЗ-7522 и КрАЗ-256Б. Применяется внутреннее отвалообразование. Длина фронта вскрышных работ — 215 м. Среднее расстояние перевозки вскрыши — 600 м. Полезное ископаемое разрабатывается двумя уступами. Величина годового движения фронта работ составляет 57 м. Производительность карьера по вскрыше — 350 тыс. м<sup>3</sup> в год.

Следует отметить, что несмотря на дополнительное рыхление породы в отвале не имеют склонности к олозанию. Вскрышные работы с управляемым обрушением производят круглый год, поскольку температура зимой не превышает -10 °С и порода промерзает на незначительную глубину. Имеется опыт работы и в более суровых зимних условиях. Экономический эффект от внедрения новой технологии вскрышных работ на Песчанском карьере равен 53 тыс. р. в год.

Управляемое обрушение успешно применяется и при рекультивации выработанного пространства, погашения нерабочих бортов карьера.

Совместная работа ВНИПИИстромсырье и ПО «Укрсакамень» позволила усовершенствовать конструкцию рабочего органа, снабдив его колесами. Новое техническое решение апробировано в

1991 г. на заоткосе борта ранее отработанного карьера при его рекультивации. Изменение принципа работы устройства дало возможность вместо драглайна Э-2503 применить драглайн ЭО-5111, менее мощный и со стрелой меньшей длиной, что позволит увеличить получаемый экономический эффект.

Многолетний опыт работы различных предприятий, в том числе Песчанского карьера, доказывает, что технология отработки нескольких пород значительной мощности одним уступом весьма перспективна для внедрения при разработке таких полезных ископаемых, как песчано-гравийная смесь, пески, различные глины, а также мощных вскрышных пород. Если карьер имеет драглайн, существенных трудностей в освоении данной технологии не предвидится. Создание конструкции рабочего органа на колесах позволяет упростить конструкцию устройства для управляемого обрушения и использовать вместо экскаватора самоходную лебедку, которая может быть изготовлена на базе трактора, бурового станка или экскаватора.

## По страницам журналов

Островски Ч., Чакарска Д. Исследования кинетики теплового выделения в процессе гидратации полуводного гипса и клинкерных минералов с добавкой полуводного и двухводного гипса // Цемент-Вално-Гипс, т. XLIV/LVIII, 1991, № 8.

Исследовано влияние уротропина, мочевины и кератина на тепловыделение в процессе гидратации полуводного гипса (строительного и керамического). Наименее эффективно замедляют гидратацию гипса мочевины и уротропин, а наиболее — кератин. На процесс гидратации  $C_3S$  и  $C_2S$  наиболее сильно влияет уротропин, вызывая значительное снижение эффекта, связанного с образованием  $CSH II$ . В присутствии  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  увеличение добавки кератина повышает эффект, сопутствующий образованию моносульфатов кальция.



Ю. Г. МЕЩЕРЯКОВ, д-р техн. наук (Петербургский инженерно-строительный институт), О. И. ИВАНОВ, инж., С. А. ОПЕКУНОВ, инж. (Ассоциация «Волховгипс», Ленинградская обл.)

## Технология производства вяжущего из фосфогипса

Фосфогипс, накопленный в отвалах предприятий химической промышленности, содержит более 90 % двуводного сульфата кальция и по ГОСТ 4013-76 является гипсовым сырьем 1—2 сорта. Однако фосфогипс существенно отличается от природного гипсового камня по зерновому и химическому составу и свойствам [1].

Фосфогипс содержит ортофосфорную кислоту, фосфаты и фториды. Он отличается от измельченного природного гипсового сырья по зерновому составу и форме зерен гипса. Попутный продукт в накопителях промышленных предприятий может содержать до 40 % жидкой фазы, которую необходимо удалять при производстве гипсовых вяжущих.

Вследствие названных выше особенностей использование фосфогипса в производстве гипсовых вяжущих в сравнении с переработкой природного сырья требует введения дополнительных технологических операций — нейтрализации, сушки, помола и других. Это повышает стоимость полученной готовой продукции.

Опыт промышленного производства гипсовых вяжущих из фосфогипса на Воскресенском ПО «Минудобрения» и Кедайнском химическом комбинате (Литовская Республика) свидетельствует о том, что такие гипсовые вяжущие по своей стоимости не могут конкурировать с аналогичной про-

дукцией, изготовленной из природного сырья [2]. Поэтому в решении проблемы промышленной переработки фосфогипса основной задачей является снижение стоимости получаемого из него вяжущего. В частности, повышение стоимости аренды отведенной под накопителя земли и более жесткие требования к предприятиям, связанные с загрязнением окружающей среды, будут способствовать переводу фосфогипса в категорию сырья, способного конкурировать с природным гипсом.

Стоимость вяжущих и строительных изделий из фосфогипса может быть также понижена путем использования отхода, длительное время (в течение 10 лет и более) находившегося в накопителе промышленного предприятия. В накопителях Волховского алюминиевого завода (ВАЗ) находится до 12 млн. т фосфогипса, распределенного на трех полях хранения, которые заполняются с 1965 г. и по настоящее время. За этот период изменена технология производства ортофосфорной кислоты, осуществлен перевод цеха с дигидратного на полугидратный режим разложения фосфатного сырья (кольского апатитового концентрата).

В настоящее время фосфогидрат сульфата кальция подается в накопители гидротранспортом с предварительной нейтрализацией кислот в жидкой фазе известью. Фосфогипс образуется в накопите-

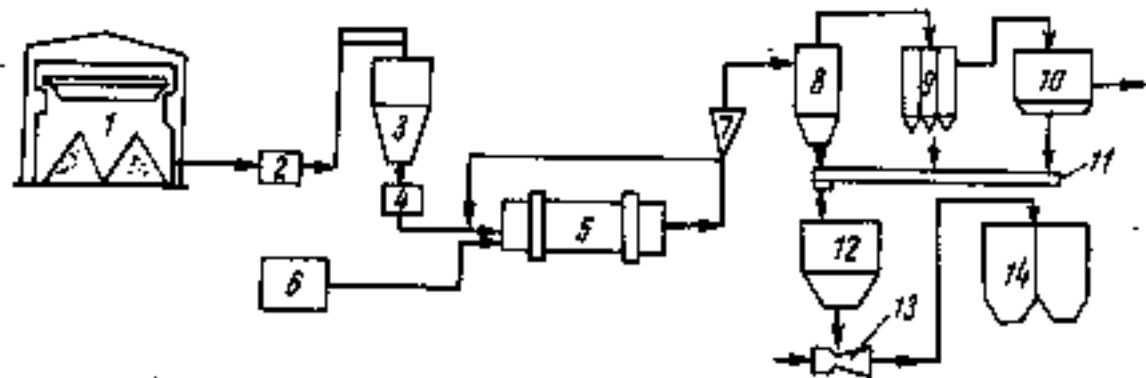
ле путем сравнительно медленного превращения полуводного сульфата кальция в гипс. Предварительная нейтрализация, а также длительная промывка талыми и дождевыми водами при производстве вяжущих из фосфогипса позволяют исключить технологические операции нейтрализации и фильтрации и понизить стоимость продукции.

С целью оценки качества отвального фосфогипса ВАЗ проведен отбор геологических проб из накопителей с различной глубиной. Пробурено 20 скважин и отобрано 146 проб фосфогипса. Анализы проб показали, что содержание в фосфогипсе фторидов и фосфатов в 4—5 раз превышает аналогичные показатели фосфогипсов, образующихся на предприятиях за рубежом. Однако предварительная нейтрализация известью приводит к образованию нерастворимых в воде фосфатов и фторидов, которые несущественно влияют на технические свойства гипсовых вяжущих и имеют относительно высокую температуру диссоциации.

Содержание химически связанной воды в пробах изменяется от 19,1 до 20 % (86 % проб), что свидетельствует о стабильности состава и высоком содержании гипса в попутном продукте. Влажность фосфогипса изменяется в пределах 28—40 % (по массе), но она может быть уменьшена до 12—15 % путем его подсушки в естественных условиях. Это также позволило понизить стоимость вяжущего.

Разработана технология производства гипсового вяжущего из отвального фосфогипса Волховского алюминиевого завода путем совмещенных процессов сушки, измельчения и обжига. Технологическая схема приведена на рисунке. С целью снижения стоимости продукции предусмотрено использование отвального фосфогипса после предварительной его нейтрализации и сушки в естественных условиях. Производство гипсового вяжущего состоит в следующем.

Влажный фосфогипс из накопителя поступает в закрытый склад, в котором происходит предварительная его подсушка. Далее по системе конвейеров фосфогипс направляется в бункер-накопитель и скребковым питателем подается в шаровую мельницу. Теплоносителем является газовая фаза, образующаяся при сжигании мазута в топке.



Технологическая схема производства гипсового вяжущего из фосфогипса

1 — склад фосфогипса; 2 — молотковая дробилка; 3 — бункер фосфогипсов; 4 — скребковый питатель; 5 — шаровая мельница Ш-10, 250/390; 6 — газомазутная топка; 7 — сепаратор; 8 — циклон; 9 — батарейный циклон; 10 — электрофильтр; 11 — ленточный конвейер; 12 — бункер вяжущего; 13 — пневмосос; 14 — расходные бункера для вяжущего

© Мещеряков Ю. Г., Иванов О. И., Опекун С. А., 1992

Температура теплоносителя на входе в мельницу — 600 °С. Она не может быть повышена по условиям работы мельницы и определяется свойствами материалов, из которых последняя изготовлена. При оптимальном режиме тепловой обработки в мельнице осуществляются преимущественно сушка и измельчение фосфогипса.

Содержание полуводного сульфата кальция в продукте на выходе из мельницы не превышает 20 % (по массе). Поэтому при производстве вяжущего теплоноситель подается на двух позициях: в мельницу и в воздуховод после мельницы. В этих условиях дегидратация гипса идет преимущественно во взвешенном состоянии в воздуховодах и пылеосадительной системе (циклоне, батарейном циклоне и электрофильтре), что ускоряет тепло- и массообмен, обеспечивает быстрое превращение гипса в полуводный сульфат кальция при сравнительно

невысоком приведенном расходе топлива.

Подача теплоносителя после мельницы позволяет регулировать температуру обжига фосфогипса. Из пылеосадительных устройств вяжущее по ленточному конвейеру направляется в бункера-накопителя, где производится операция магазинирования.

К числу достоинств предлагаемой технологии изготовления вяжущих из фосфогипса следует отнести непрерывность производства, применение отечественного оборудования, относительно высокую точность регулирования режима и контроля процессов тепловой обработки.

Анализ результатов испытаний, проведенных заводской лабораторией в 1990-1991 гг., показал, что водопотребность гипсовых вяжущих изменяется от 67 до 80 %. При медленном охлаждении вяжущих и при проведении транспортных операций («старение») их во-

допотребность снижается на 5—10 %, а процессы схватывания замедляются.

Выпуск гипсового вяжущего марки Г-3 составил 31 %, Г-4 — 69 %. При этом в 1991 г. доля вяжущего марки Г-4 в общем объеме увеличилась в результате оптимизации технологических параметров.

При пуске 4 технологических линий объем производства гипсового вяжущего составит 100 тыс. т в год. Вяжущее отгружается и доставляется потребителям автотранспортом, а также расфасовывается и направляется в торговую сеть. Оно применяется для изготовления гипсовых перегородок, стеновых камней и облицовочных плит.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мещеряков Ю. Г. Гипсовые концентраты промышленные продукты и их применение в производстве строительных материалов. — Л.: Стройиздат, 1982.
2. Стожик С. Н., Кукляускис А. Н. Особенности получения строительного гипса из фосфогипса // Строит. материалы. 1980. № 2.

УДК 691.892.5

## Технологическое оборудование и установки

[по материалам 3-й Международной выставки-ярмарки «Стройиндустрия-91»]

На выставке среди разработок, касающихся технологий и способов производства строительных материалов, многие организации и предприятия предлагали технические решения оборудования, установок. С некоторыми из них мы познакомим читателей.

Арендным предприятием «Стройиндустрия» концерна «Росстрой» разработана технологическая линия для производства стеновых пустотных камней, на которой формируют бетонные камни типа СКЦ-1 и СКЦ-2 по ГОСТ 6133-64 из тяжелого бетона, керамзито- и шлакобетона.

Линия работает в автоматическом режиме по бескрановой технологии.

Основные параметры технологической линии: максимальная производительность, шт/ч ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) целых камней типа СКЦ-1—810 (8,44), продольных половинок СКЦ-2 — 1620 (8,44); годовая производи-

тельность при двухсменной работе, шт. ( $\text{м}^3$ ) — 3200000 (45000  $\text{м}^3$ ) в год. Число камней, размещаемых на одном поддоне, шт.: целых камней СКЦ-1 — не менее 18; продольных половинок СКЦ-2 — не менее 36. Габариты формовочного поддона, мм: длина — 1300, ширина — 1300, толщина — 14. Цикл формования — не более 80 с. Установленная мощность электродвигателей — не более 90 кВт. Давление в гидросистеме — не более 10 МПа. Габаритные размеры линии, мм: длина — 35000; ширина — 15300; высота — 5250. Число камер — 10 шт. Камера вмещает 8 контейнеров.

Для термообработки тяжелых бетонов используют острый пар, для легких бетонов и шлакобетонов — продукты сгорания природного газа.

Проекты бетонно-растворных установок мощностью 3, 5, 7, 10 тыс.  $\text{м}^3$  в год для пригото-

вления бетонной смеси и раствора предложил РСКТБ «Росстройиндустрия» (г. Казань) концерна «Росстройиндустрия». Каждая из установок включает в себя комплект технологического оборудования для загрузки, хранения и дозирования составляющих бетонной и растворных смесей.

Установки — сборно-разборные с дистанционным автоматическим управлением.

Строителей могут заинтересовать объемно-блочные бетоносмесительные установки нескольких модификаций — «Россия-1», «Россия-2», «Россия-4».

Установки производительностью 15  $\text{м}^3/\text{ч}$  предназначены для приготовления в течение круглого года тяжелых и легких бетонных смесей на строительных объектах и предприятиях стройиндустрии. Они могут быть использованы и для приготовления цементно-растворных смесей.

Установки всех модификаций выполнены в быстромонтируемом варианте и состоят из блоков, обогреваемых внутри и обшитых снаружи теплоизоляционными панелями. Блоки смонтированы из металлических сварных конструкций. Внутри размещено технологическое оборудование.

Вместимость бункеров загрузочных 60 т, силосов цемента — 140 т. Максимальная масса 1 блока — 5 т. Установленная мощность — 220 кВт. Габариты объемно-блочных бетоносмесительных установок «Россия-2» и «Россия-4», мм: длина — 20800; ширина — 11400; высота — 11000.

С точки зрения экономии цемента в производстве бетонных смесей положительный эффект можно получить, организовав участок приготовления водно-зольной суспензии (разработки РСКТБ «Росстройиндустрия»). Оборудование эксплуатируется в закрытом модуле при температуре от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$ . Все операции приготовления водно-зольной суспензии механизированы.

Зола из бункера скиповым подъемником подается в бетоносмеситель, в котором перемешивается с горячей водой, направляемой в бетоносмеситель через систему водоснабжения. Готовая суспензия через сито сбрасывается в бак и насосом подается в бетонорастворный узел.

Технические характеристики установки: производительность —  $14 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; установленная мощность токоприемников — 26,5 кВт. Расход золы — 138 кг на  $1 \text{ м}^3$  бетона; горячей воды —  $7 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Плотность зольного шлама —  $1,4 \text{ т}/\text{м}^3$ . Температура зольного шлама в холодное время при дозировании —  $60-65^{\circ}\text{C}$ . Габариты установки, мм: длина — 18000; ширина — 10000; высота — 10400.

РСКТБ «Стройиндустрия» предлагает также блок-контейнер для приготовления химических добавок и суперпластификатора. Блок-контейнер входит в состав технологического узла — БСУ, но можно эксплуатировать его как самостоятельное оборудование.

В блок-контейнере готовят раствор нитрата натрия и раствор модифицированного суперпластификатора на основе ЛСТМ, обработанного цементом (добавка типа НИЛ-20).

Шлам, получаемый после осаждения раствора суперпластификатора, используют для приготовления шпатлевки, замедлителей процессов схватывания и твердения. Приготовленные растворы подаются насосами на БСУ.

Блок-контейнер разработан с учетом поставки сырья в твердом виде, но может работать и с при-

вязкой склада сырья в жидком виде.

Габаритные размеры блок-контейнера позволяют перевозить его автомобильным и железнодорожным транспортом.

Технические характеристики блок-контейнера. Производительность — 504,5 тыс. л. в 1 год, в том числе по раствору суперпластификатора — 144,5 тыс. л, раствор нитрата натрия — 360 тыс. л. Установленная мощность технологических токоприемников — 4,47 кВт. Потребность в энергоресурсах: в воде,  $\text{м}^3$  — 415; паре, Дж —  $74,52 \cdot 10^7$ ; электроэнергии — 7500 кВт·ч. Габариты блок-контейнера, мм: длина — 5700; ширина — 2400; высота — 2480.

В этой же организации разработано оборудование для древесностружечного производства, в частности — гидравлический пресс, который предназначен для предварительной подпрессовки стружечного ковра. Это необходимо, чтобы придать сформированным пакетам плит транспортную скорость и обеспечить свободную загрузку пакетов в горячий гидравлический пресс при изготовлении древесностружечных плит.

Основные технические характеристики гидравлического пресса. Размеры, мм: длина — 2500; ширина — 1400; высота — 1500. Размеры рабочего стола, мм: длина — 2000; ширина — 1000. Свободный зазор — 30 мм. Ход штока гидрозатвора — 100 мм. Усилие прессования — 1960 кН.

Челябинский проектно-конструкторско-технологический институт совместно с НИО «Южуралэкология» предлагает комплект оборудования для термообработки шлакоблоков. В комплект входят: 2 металлические камеры с высокими теплоизоляционными параметрами; 8 контейнеров для шлакоблоков; площадки для обслуживания.

Техническая характеристика оборудования. Размеры камеры, мм: длина — 5000; ширина — 2500; высота (с крышкой) — 2800. Масса камеры с крышкой — 3640 кг. Число контейнеров, загружаемых в камеру — 4. Число шлакоблоков, размещаемых в камере, — 320, в контейнере — 80.

Камеры изготовляют в 2-х вариантах: с использованием пара или электроэнергии.

Линия подачи и укладки бетон-

ной смеси с помощью бетононасоса и манипуляторов для укладки бетона в формы (разработка АП КТБ «Стройиндустрия» концерна «Росгострой») обеспечивает транспортирование и укладку смеси подвижностью от 4 см осадки конуса СтройЦНИЛ и выше на расстояние до 30 м по вертикали и до 200 м по горизонтали.

С применением трубопроводной подачи бетона отпадает необходимость в устройстве громоздких бетоновозных эстакадах в цехах, протяженных конвейерах.

Исключаются многочисленные перегрузки смеси и связанные с этим потери бетона, а также расслаивание смеси при транспортировании. По сравнению с аналогичной линией ФРГ предлагаемое оборудование требует меньшей мощности электродвигателей на 30 % и масса его в 4 раза легче.

Системы солнечного теплоснабжения, разработанные также КТБ «Стройиндустрия», предполагают использование солнечной энергии для получения горячей воды с температурой  $75-120^{\circ}\text{C}$ , обеспечивают высокую эффективность работы и экологическую чистоту при эксплуатации систем горячего водоснабжения на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях, в жилых домах, на базах отдыха, садовых участках и т. д.

Основным элементом систем солнечного теплоснабжения является солнечный водонагреватель, выполненный на основе полимерных материалов, что отличает его от известных водонагревателей высоким КПД, а также простотой и легкостью конструкции. В зависимости от температуры и объема потребления горячей воды несколько солнечных водонагревателей собирают в блоки. Их размещают на открытой площадке или на крыше помещения, ориентируя на юг под углом, соответствующим географической широте местности.

Надеемся, что в этом далеко не полном освещении всех продемонстрированных на выставке ирмарке отечественных разработок в области оборудования и установок для производства строительных материалов специалисты найдут для себя полезную информацию.

ЭЛЬКИНД Л. С., *инж.*

УДК 691.666.004.9.001.2

В. Н. КРЫЛОВ, д-р хим. наук, В. И. ХРЕНОВ, канд. техн. наук,  
А. Н. ПАВЛОВ, канд. техн. наук, М. Б. ТУССЕН, инж. (ЛИСИ)

## К вопросу использования диопсидов различного минералогического состава в технологии силикатов

Диопсид является цепочечным силикатом, относящимся к группе пироксена. По номенклатуре солей диопсид — двойной метасиликат кальция-магния. Кристаллохимическая формула диопсида —  $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ , где в скобках указан кремнекислородный радикал, бесконечнопротяженной пироксеновой цепочки.

Диопсид открывает группу минералов, относящихся к моноклинным пироксенам, куда относятся авгит, эгирит, разновидности самого диопсида: геденбергит и др. [1].

Диопсид существует двоякого происхождения: магматического и контактно-метаморфического (гидротермального), благодаря чему важнейшие свойства диопсида по месторождениям различны [2]. Поэтому для переработки диопсида чрезвычайно важно знать, с каким диопсидом в конкретном случае приходится иметь дело.

Диопсид как попутный продукт обогатительных комбинатов скопился в громадных количествах. Его промышленная переработка в настоящее время является весьма актуальной проблемой.

Перед нами стояла задача выяснения, на какие строительные изделия или на какие строительные материалы следует применять диопсиды магматического происхождения и на какие — контактно-метаморфического.

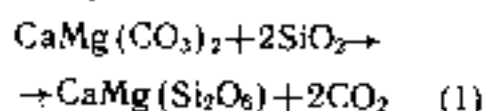
При протекании метаморфических процессов известна реакция, где исходные вещества, такие, как анортит, альбит и энстатит образуют: пироп, диопсид, жадеит и кремнезем. Поскольку эти минералы образуются совместно, они и позволяют получать диопсид с различным содержанием как глинозема, так и щелочей (за счет полевых шпатов разного состава). Очевидно, возможны и другие примеси.

Первый цикл работ был нами выполнен с привлечением диаграмм состояния тех систем, которые отвечают содержанию оксидов в диопсиде. Ведущей системой является  $\text{CaO—MgO—SiO}_2$ . Также необходимо было рассмотреть системы:  $\text{CaO—MgO—Al}_2\text{O}_3—\text{SiO}_2$ ;  $\text{Na}_2\text{O—K}_2\text{O—CaO—Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{CaO—MgO—Fe}_2\text{O}_3$ . Такое рассмотрение позволило по имеющемуся (реальному) химическому составу диопсида наметить те минералы, присутствие которых и определяет отклонение в составе диопсида от теоретического. Зная минералогический состав и учитывая свойства минералов, можно предвидеть свойства диопсида любого месторождения по химическому составу по схеме: химический состав диопсида — наиболее вероятный минералогический состав — свойства минералов (прочность, термостойкость, морозостойкость, склонность к ионному обмену и др.) — предполагаемые свойства диопсида данного месторождения (приблизительно, но достаточно для выяснения направления переработки).

С другой стороны, были исследованы точки составов внутри полей диаграмм состояния для определения изменения коэффициента основности  $K_{\text{OH}}$ , который является ведущим показателем при переработке силикатов. Было установлено, что коэффициент основности хотя и меняется мало, но имеет определенную закономерность по своему изменению.

Был также исследован синтез диопсида с целью вскрыть его преимущественное происхождение.

Магматическое происхождение исследовалось по реакции взаимодействия доломита с кремнеземом в стехиометрическом соотношении на основе реакции:

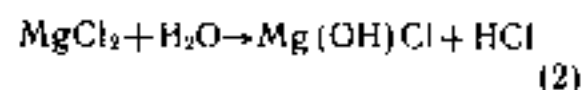


Реакция является эндотермической и идет при высокой температуре. Образцы изготавливались в виде столбиков длиной до 10 мм, диаметром 3 мм. После сушки при 110 °С образцы прокалялись при 500—600 °С. Затем они оплавливались в электрической дуге. Из капли расплава изготавливались шлифы для оптического исследования.

Ввод глинозема в шихту способствовал переходу силиката в алюмосиликат. Полученный продукт типичен для диопсида, в отдельных пробах содержится остаточное количество исходного вещества.

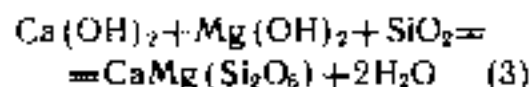
**Контактно - метаморфическое (гидротермальное) происхождение.**

Контактный метаморфизм в известняках приводит к геденбергиту. Такие растворы, как  $\text{MgCl}_2$  подвергаются гидролизу и, следовательно, приводят к присоединению гидроксигрупп минералами. Например,



Для получения диопсида, по составу, близкому к теоретическому, не следует применять магнезиальные известняки или карбонаты магния, где всегда в этих условиях будут протекать реакции гидролиза с образованием гидроксигрупп в минералах.

К числу реакций контактного метаморфизма, осуществляемого в гидротермальных условиях, следует отнести реакцию



для которой изобарно-изотермический потенциал Гиббса составляет 61,7 кДж. Она легко осуществляется при наличии геля кремнекислоты. Контактный метаморфизм вполне реален при наличии температурного воздействия на минералы, контактирующие между собой. Синтезируемый диопсид включает остаточные фазы исходных веществ, не успевших прореагировать.

Исследовали применимость диопсида различного происхождения в производстве строительных материалов и изделий.

Выявлено, что диопсиды магма-

тического происхождения целогообразны к переработке в производстве бетона и в производстве каменного литья. Ниже кратко описаны полученные результаты.

При исследовании бетонных смесей различной подвижности с применением щебня из диопсида и при полной замене гранитного щебня диопсидовым был получен бетон, не уступающий по прочности бетонам на гранитном щебне. По морозостойкости и коррозионной стойкости бетон на основе диопсидового щебня превосходил бетон на гранитном щебне. Для исследования долговечности изделий из бетона были изготовлены опытные бетонные и железобетонные изделия. Очень существенно, что при наблюдении в течение 15 лет каких-либо изменений в конструкциях обнаружено не было.

На основании проведенных исследований был сделан вывод, что железобетонные конструкции, изготовленные из диопсида по прочности, жесткости и температурной стойкости отвечают требованиям ГОСТ 8820—77.

Диопсиды магматического происхождения показали хорошие результаты при переработке их на каменное литье. При обычных методах получения изделий из каменного литья четко выявились следующие преимущества каменного литья из диопсида:

- противостоит коррозии при обычном воздействии кислот, щелочей и солей, заменяя такие защитные материалы, как свинец, медь, сплавы цветных металлов;
- обладает высокой сопротивляемостью абразивному износу;
- противостоит выветриванию, в течение ряда лет явления разрушения не обнаружено;
- обладает высокими диэлектрическими свойствами.

Метаморфическое происхождение (преимущественно гидротермальный метаморфизм).

Исследования показали направление преимущественной переработки этого вида диопсида на получение цемента, силикатного кирпича и минеральной ваты.

Цементы. Железистый диопсид — геденбергит — может быть применен с успехом для составления цементной сырьевой смеси. Полученные клинкера ха-

рактеризуются мелкозернистой текстурой. Исследование велось при разных коэффициентах основности (от 2,97 до 3,11) при нормальной густоте (24,5—26%), начало схватывания имело место через 2 ч 20 мин; 3 ч 20 мин. Конец схватывания — в среднем через 5 ч 10 мин. Прочность образцов через 28 сут. в МПа на изгиб была от 6 до 7,1, на сжатие — от 42,5 до 45,9. Все это свидетельствует о хорошей перспективе применения железосодержащего диопсида.

Силикатный кирпич. Диопсид испытывался для частичной замены известки в производстве силикатного кирпича. Результаты были получены такие, что позволяют сделать вывод о возможности применения диопсида в производстве силикатного кирпича без снижения его прочностных характеристик.

Минеральная вата. При выдерживании модуля кислотности как отношения суммы процентов (масс.) кремнезема и глинозема к сумме процентов (масс.) оксидов кальция и магния больше или равном 1,2 какой-либо разницы в методах получения минеральной ваты из диопсида, шлаков или природных силикатов не имеется. По показателям минеральная вата соответствует обычной, полученной из шлаков силикатов, однако, минеральная вата из диопсида обходится намного дешевле, чем из базальтов, габбро, гранитов и других минералов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочкин Ю. И., Кравченко А. П., Кустов В. А., Фролова В. М. Состав моноклиновых пироксенов магматических пород разных фирманковых типов // ДАН СССР 1967, т. 176, № 5, с. 1149—1152.
2. Бедрик В. М. Геология и грунтоведение. М.: Недра, 1977.

### Вниманию руководителей заводов ЖБИ и КВД!

## ЕСЛИ ВЫ ХОТИТЕ ИМЕТЬ ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ:

- без пор и жировых пятен;
- минимальное сцепление бетона с формой;
- самоочищение формы от остатков неросшего бетона,

наш институт поставит Вам

### КОНЦЕНТРАТ СМАЗКИ-ПОКРЫТИЯ ЛИПОР-4 ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФОРМ.

ИЗ ОДНОЙ ТОННЫ КОНЦЕНТРАТА  
ПОЛУЧАЕТСЯ 15—20 т СМАЗКИ!

По вопросам применения смазки и заключения договора-поставки просим обращаться по адресу:  
454106, г. Челябинск, пр. Победы, 290, ЮЖУРАЛНИИСТРОЙ.

Телефон: 42-32-10 (код 8-351)



В. П. ЛОЖКИН, директор Калининградского завода железобетонных изделий, З. А. ПОЗОВЕВ, канд. техн. наук (НИИСФ)

## Производство теплоизоляционного пенополистирола с использованием промышленных отходов

Использование промышленных отходов в производстве строительных материалов, в том числе теплоизоляционных, позволяет решать задачу не только увеличения выпуска теплоизоляции и снижения ее себестоимости, но и экологическую — утилизации отходов. Эта задача сегодня весьма актуальна в связи с явным недостатком в стране эффективной теплоизоляции для жилищного и гражданского строительства.

Известно, что из многих видов эффективной теплоизоляции пенополистирол значительно дороже других. Поэтому в Шилковском производственном объединении «Стройиндустрия»<sup>1</sup> (Рязанской обл.) впервые в стране предложено и реализовано использование промышленных отходов в качестве добавок при выпуске пенополистирола!

В качестве добавки отходов промышленности при изготовлении теплоизоляционного пенополистирола применяли дробленые полиэтилен и поливинилхлорид. При этом важно было сохранить высокие теплотехнические качества теплоизоляционного пенополистирола.

Этого удалось достичь путем дробления отходов промышленности полиэтилена и поливинилхлорида на более мелкие фракции и более равномерного их распределения по всему объему основной массы пенополистирола. При соблюдении этих условий практически исключалось образование «мостиков холода» в толще пенополистирола. В этом положительную роль сыграло правильное определение насыпной массы отходов — полиэтилена и поливинилхлорида.

Путем подбора насыпной плотности составляющих композиционного утеплителя были определены их оптимальные составы, теплопроводность которых отличается незначительно от теплопроводности основного исходного материала — пенополистирола.

Теплопроводность теплоизоляционного материала различных составов определяли стационарным методом, который заключается в создании постоянного во времени теплового потока, направленного перпендикулярно к наибольшим граням испытываемых образцов с размерами 250×250×50 мм, и перепада температуры на их поверхностях с помощью формулы

$$\lambda = \frac{q\delta}{\Delta t} \text{ Вт/(м·К)},$$

где  $\lambda$  — среднее значение теплопроводности материала испытываемого образца;  $q$  — тепловой поток, проходящий через образец, Вт/м<sup>2</sup>;  $\delta$  — толщина образца, м;  $\Delta t$  — перепад температуры на поверхности образца, °С.

Средние значения и среднеквадратические отклонения плотности, теплопроводности пенополистирола разных составов без добавок и с добавками отходов промышленности приведены в таблице.

В результате выполненной работы можно сделать следующие выводы.

Разработана методика подбора составов и технология изготовления эффективного композиционного утеплителя, теплопроводность которого отличается незначительно от теплопроводности исходного материала утеплителя — пенополистирола.

Несмотря на 3–5-кратное увеличение плотности материала композиционного утеплителя по сравнению с плотностью исходного материала утеплителя — пенополистирола теплопроводность их отличается незначительно. Согласно данным таблицы, теплопроводность пенополистирола с добавками поливинилхлорида ниже теплопроводности пенополистирола с добавками из дробленого полиэтилена, что объясняется более высокими теплотехническими качествами поливинилхлорида, несмотря на большую плотность материала утеплителя состава 4 по сравнению с составом 3.

Производство 3-слойных ограждающих конструкций с утеплителем из пенополистирола, изготовленного с использованием промышленных отходов — полиэтилена и поливинилхлорида, организовано на Шилковском производственном объединении «Стройиндустрия». Натурные испытания таких конструкций, а также пенополистирола с добавками отходов, уложенного в покрытиях зданий, показали, что теплоизолирующие свойства полученного утеплителя соответствуют нормативным требованиям.

<sup>1</sup> Автор разработки — В. П. Ложкин, ранее возглавлявший объединение.

Материал и номер состава	Среднее значение		Среднеквадратическое отклонение	
	плотности материала в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	теплопроводности материала в сухом состоянии, Вт/(м·К)	плотности материала в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	теплопроводности материала в сухом состоянии, Вт/(м·К)
Пенополистирол без добавок:				
состав 1	30	0,043	0,87	0,00084
состав 2	29	0,043	1,41	0,0011
Пенополистирол с добавками дробленого полиэтилена (состав 1)	95	0,053	8,8	0,005
Пенополистирол с добавками поливинилхлорида (состав 4)	153	0,049	5,12	0,0011

Примечания: 1. Теплопроводность материала различных составов определяли на пяти образцах для каждого состава по ГОСТ 7076—87 «Материалы и изделия строительные. Стационарный метод определения теплопроводности». 2. Плотность и теплопроводность теплоизоляционного материала определяли в сухом состоянии.

С. Л. ЕНДЖИЕВСКИЙ, инж., Ю. П. ГОРЛОВ, д-р техн. наук,  
Г. В. КАПИТОНОВ, канд. техн. наук (МИСИ им. В. В. Куйбышева)

## Ячеистый бетон на основе вяжущего из техногенных стекол

В последнее время как у нас в стране, так и за рубежом значительно повысился интерес к отходам искусственного стекла (экранного, электролампового и др.), применение которых перспективно для получения различных строительных материалов. Известны разработки, имеющие целью применение диспергированного стеклобоя для повышения качества глиняного кирпича, облицовочной плитки, получения стеклокремнезита и др. Все они предусматривают повторное плавление стекла и связаны с дополнительным расходом технологического топлива.

На кафедре «Технология теплоизоляционных материалов» МИСИ им. В. В. Куйбышева разработан новый подход к использованию боя искусственных стекол. Создан ряд

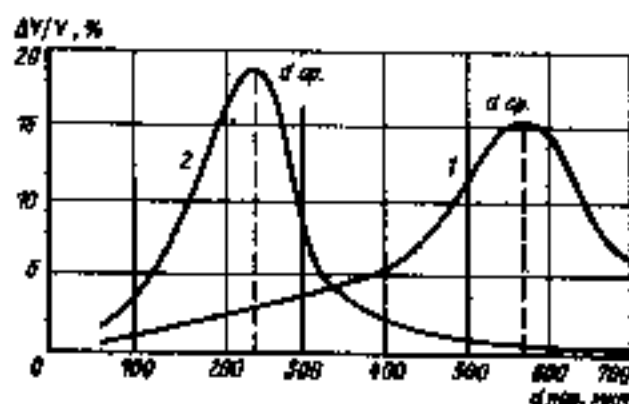


Рис. 1. Нормальное распределение по объему материала  
1 — газобетон; 2 — пенобетон

технологий беспесчаных бетонов (плотных, в том числе кислотоустойчивых, легких, ячеистых), где бой искусственных стекол используется в качестве бесклнкерного вяжущего. Получаемые бетоны и изде-

лия из них по своим общестроительным и функциональным свойствам не только не уступают аналогам, изготовляемым на традиционных вяжущих (например, на портландцементе), но и в ряде случаев превосходят их.

В данной статье рассматриваются результаты исследования по получению ячеистых бетонов автоклавного твердения на стекловом вяжущем.

В качестве вяжущего для беспесчаных ячеистых бетонов со средней плотностью 600—900 кг/м<sup>3</sup> могут быть использованы различные виды стекловых отходов — боя тарного, оконного, кинескопного стекла с содержанием щелочных оксидов в пределах 11—18 %.

Исследованиями установлено, что тонкодиспергированный стеклобой является высокоактивным гидравлическим вяжущим автоклавного твердения.

Технология изготовления ячеистого бетона на основе вяжущего из стеклобоя включает в себя прогрессивный способ получения различных видов изделий методом сухой минерализации пены низкой кратности, что позволяет снизить водотвердое отношение пеномассы и получать устойчивую во времени поризованную смесь, дает возможность надежно регулировать степень поризации, а следовательно, и среднюю плотность изделий.

Изучение характеристик поровой структуры ячеистого бетона (рис. 1) с использованием структурного анализатора SKP-200/25 фирмы «Finst teitras PLUS» показало, что пенобетону присуще лучшее распределение плотного вещества по объему материала при мелкопористой пористости и отсутствии технологических отверстий в межпоровых перегородках, что улучшает эксплуатационные свойства материала. Средний диаметр пор пенобетона ( $d_{cp} = 230$  мкм) вдвое меньше чем газо-

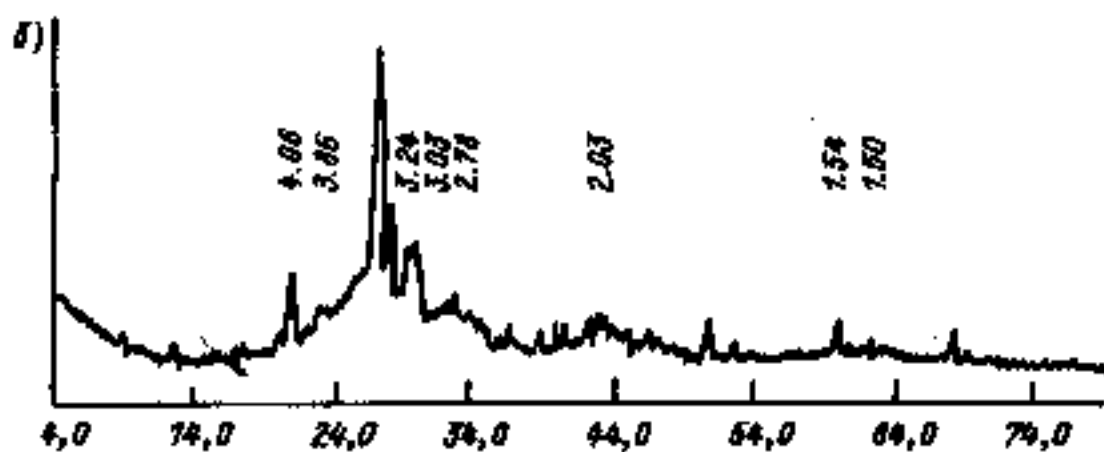
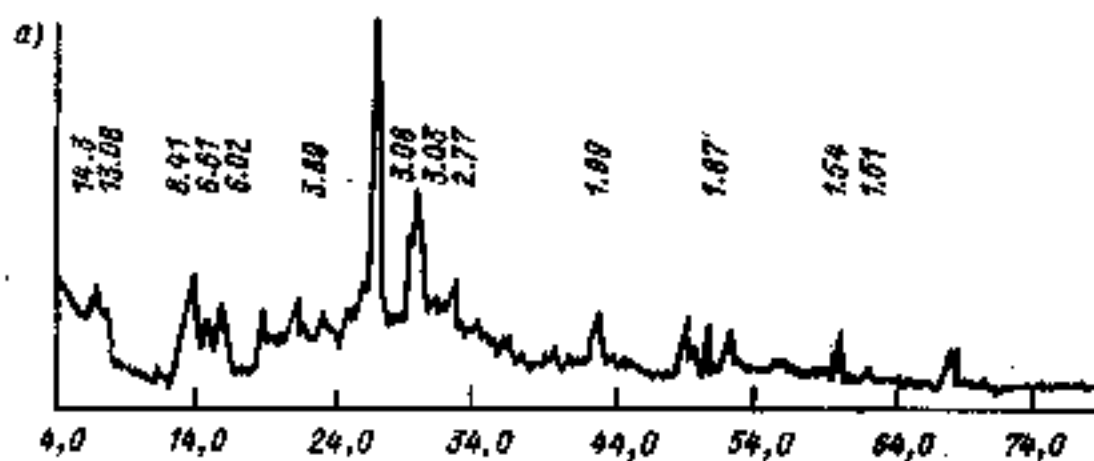


Рис. 2. Рентгенограммы силикатного камня пенобетона  
а) на основе вяжущего из электролампового стеклобоя; б) на основе вяжущего из экранного стеклобоя

Вид стеклобоя	Основные свойства пенобетона					
	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Средняя прочность, МПа		Влажная усадка Г, мм/м	Теплопроводность, Вт/1 м·°С	Морозостойкость, циклы
		R <sub>сж</sub>	R <sub>плг.</sub>			
Электроламповый	600	3,6	1,3	0,39	0,11	40
	800	8,2	2,5	0,41	0,15	60
Экранный (килескон.)	600	3,3	1	0,4	0,1	35
	800	7,8	2,3	0,43	0,14	50

бетона ( $d_{cp} = 580$  мкм), однородность распределения пор в теле пенобетона выше, что также приводит к упрочнению материала и снижению его теплопроводности.

Свойства ячеистого бетона определяются не только состоянием пористой структуры материала, но и качеством межпоровых перегородок, которое зависит от особенностей строения твердой фазы силикатных материалов. Для определения структуры цементирующего вещества межпоровых перегородок пенобетона на вяжущем из стеклобоя в институте ВНИИстройполимер проведены исследования методом дифференциально-термического, рентгенофазового, химическо-

го анализа и электронной микроскопии.

Установлено, что новообразования, синтезируемые в процессе гидротермальной обработки, представлены в основной своей массе гелем кремниевой кислоты, низкоосновными натриевыми, калиевыми гидросиликатами типа:  $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$ ;  $NaCaSi_2O_6 \cdot 2H_2O$ ;  $K_2Al_2Si_2O_8 \cdot 3,8H_2O$ , а также низкоосновными гидросиликатами кальция типа коноптита (рис. 2). Эти новообразования характеризуются высокими эксплуатационными свойствами.

Для подтверждения этого были проведены исследования водостойкости ячеистого бетона. Коэф-

фициент размягчения для  $q = 600$  кг/м<sup>3</sup> составил 0,87, а для  $q = 800$  кг/м<sup>3</sup> — 0,92. Влажность пенобетона после гидротермальной обработки соответствует отпускной влажности ячеистого бетона по СНиП 11-3-79 и составляет для  $q = 600$  кг/м<sup>3</sup> — 24%; для  $q = 800$  кг/м<sup>3</sup> — 12% по массе. Коэффициент конструктивного качества для ячеистого бетона на вяжущем из стеклобоя  $K_{к.к.к.} = 55$ .

Показатели по прочности, влажностной усадке, теплопроводности и морозостойкости полученного пенобетона на основе вяжущего из стеклобоя полностью отвечают требованиям ГОСТ 25485—85: «Бетоны ячеистые. Технические условия» (см. таблицу).

Опытно-производственная проверка предложенного способа получения ячеистого бетона, проведенная на производственном участке МИСИ им. В. В. Куйбышева, подтвердила результаты лабораторных исследований и позволила разработать технологическую схему изготовления изделий из ячеистого бетона на стекловом вяжущем.

## АССОЦИАЦИЯ БНК

### Малое предприятие

## «ЛАБОРАТОРИЯ ТЕХНОЛОГИИ И НАДЕЖНОСТИ»

### Челябинского государственного технического университета

ПРЕДЛАГАЕТ:



- эффективную технологию электродуговой резки железобетонных конструкций, обеспечивающую существенное снижение трудоемкости, удобство при любых монтажно-строительных и ремонтных работах;
- изготавливает промышленные установки различных размеров для резки железобетона любых толщин. Установки компактны, легко транспортируются. Возможна поставка установок в комплекте с источником питания — сварочным трансформатором.

Защитки направляйте по адресу:  
454080, Челябинск, пр. Ленина, 76, ЧГТУ, кафедра сварки,  
МП «Лаборатория технологии и надежности», Айметова Ф. Г.  
Т е л е ф о н: для контактов [3512] 39-98-72. 39-94-09.

УДК 679.8.628.543

М. И. ХРУСТАЛЕВ, канд. техн. наук, В. А. КАРПЕЕВ, инж., А. Б. КОРОБОВ, инж. (ВНИПИИстромсырье).

## Механическая очистка сточных вод с помощью двухмодульного тонкослойного отстойника

Очисткой промышленных сточных вод в настоящее время занимаются многие научно-исследовательские институты разных отраслей в разных направлениях. Нами выбран наиболее эффективный метод механической очистки сточных вод предприятий нерудных материалов — тонкослойное отстаивание.

Тонкослойное отстаивание широко применяется за рубежом для механической очистки промышленных сточных вод от взвешенных частиц. Тонкослойные отстойники вертикального типа, одно- и многосекционные выпускаются шведской фирмой "Sala" и германской фирмой "Steuler" [1, 2], которые используются в Европе для осветления сточных вод, как с применением различных химических реагентов, активизирующих отстаивание, так и без них. При этом наклонные пластины (ламели) для комплектации модулей тонкослойных отстойников изготавливаются каналными, трубчатыми, полочными и гофрированными, из стекла, различных пластиков или нержавеющей стали, в зависимости от степени агрессивности и химического состава сточных вод, а угол их наклона изменяется в диапазоне от 50° до 60°.

В 1987 г. лабораторией гидравлической переработки сырья ВНИПИИстромсырье был разработан новый двухмодульный тонкослойный отстойник (сгуститель) типа ТСМ-10 [3], который успешно прошел промышленные испытания. Этот модернизированный аппарат свободен от недостатков тонкослойных отстойников с сосредоточенным подводом воды.

Удельная производительность, т. е. производительность по воде,

отнесенная к 1 м<sup>2</sup> площади верхнего модуля (осветлительной камеры), у нового тонкослойного отстойника в десятки раз больше, чем у сгустительных воронок и в восемь раз больше, чем у радиальных отстойников за счет большей скорости осаждения взвешенных частиц или меньшего времени отстаивания.

В каждом из многочисленных наклонных каналов (в верхнем модуле тонкослойного отстойника ТСМ-10 их 2 тыс. шт. на 1 м<sup>2</sup>) происходит движение двух встречных потоков. Наклонно вверх движется поток воды, из которого идет интенсивное осаждение взвешенных частиц на полки пластин. Осаевшие частицы образуют тон-

кий пристеночный слой осадка, который под действием силы тяжести сползает в виде тонкой струйки вниз по каждому из каналов.

Слой осевших частиц не взмучивается, так как в ламинарном потоке (в придонном слое) скорости встречного движения потока очень малы, а на границе жидкой и твердой фаз скорости равны нулю (пристеночный слой Прандтля). Из верхнего модуля струйки осадка попадают на наклонные полки каналов нижнего модуля, причем из-за малых скоростей встречного движения отсутствуют препятствия для спокойного осаждения и сползания группы частиц, как в нижнем, так и в верхнем модулях. Скорости движения сползающего с полок пластины материала в основном зависят от угла наклона этих пластин в модуле и силы трения частиц о днища полок наклонных каналов.

В 1989 г. модель двухмодульного тонкослойного отстойника ТСМ-0,6 с площадью поверхности камеры осветления (верхнего модуля) (рис. 1) 0,6 м<sup>2</sup> применялась при проведении экспериментальных исследований по осветлению сточных вод флотационного обогащения стекольных песков Раменского ГОКа.

Загрязненная пульпа из слива флотомашин поступала в зумпф по отводному трубопроводу диаметром 100 мм. Зумпф был снабжен мешалкой для барботации во избежание осаждения на дне зумпфа твердого компонента пульпы во время проведения опытов. Затем включался насос для подачи пульпы из зумпфа в тонкослойный отстойник ТСМ-0,6 (имелся также дополнительный отводной патрубок с задвижкой для непосредственной



Рис. 1. Стенд с тонкослойным отстойником ТСМ-0,6 на Раменском ГОКе для осветления сточных вод флотационного обогащения стекольных песков

подачи пульпы из магистрального пульповода в тонкослойный отстойник ТСМ-0,6).

Пройдя через два модуля пластин, пульпа полностью лишалась взвешенных частиц, которые последовательно (в зависимости от их крупности) оседали в нижнем и верхнем модулях, а осветленная вода сливалась самотеком по сливному трубопроводу. Сгущенный продукт из нижней части грунтоотстойника разгружался, по мере его накопления, посредством шлангового затвора  $D_z=50$  мм, который одновременно служил для регулировки процесса выгрузки сгущенного продукта из тонкослойного отстойника ТСМ-0,6. Отбор проб сливной воды и сгущенного продукта производился с помощью резиновых шлангов в две мерные емкости.

Результаты проведенных экспериментальных исследований на стенде с тонкослойным отстойником ТСМ-0,6 при осветлении сточных вод флотообогащения стекольных песков Раменского ГОКа представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, прослеживается почти прямая зависимость (начиная от  $12 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{ч}$ ) между удельной гидравлической нагрузкой тонкослойного сгустителя ТСМ-0,6 по сливу и содержанием взвешенных частиц в сливной воде этого аппарата, что также отражено на графике (рис. 2), полученном в результате обработки опытных данных.

На основании проведенных экспериментальных исследований\* можно сделать вывод, что оптимальной расчетной производительностью тонкослойного отстойника ТСМ-0,6 для данного вида осветленной оборотной воды, отвечающей по загрязнению нормативным требованиям, является  $q=12 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{ч}$ , при которой содержание взвешенных частиц в сливной воде этого аппарата не превышает  $0,5 \text{ г/л}$ .

В 1990 г. лабораторией гидравлической переработки сырья ВНИПИИстромсырье были проведены экспериментальные исследования с использованием сточных вод фабрики мокрой магнитной сепарации (ММС) Соколовско-Сарбайского ГОКа на том же стенде с тонкослойным отстойником

\* В проведении опытов в монтаже отстойника принимали участие инженеры Свиридов Н. О., Милейковский Н. И., Ермаченко А. П. (ВНИПИИстромсырье).

Таблица 1

Удельная гидравлическая нагрузка по сливу, $\text{м}^3/\text{м}^2\text{ч}$	Содержание взвешенных частиц в исходной сточной воде, $\text{г/л}$	Содержание взвешенных частиц в сгущенном продукте, $\text{г/л}$	Содержание взвешенных частиц в сливной воде отстойника, $\text{г/л}$
40—45	3,2	20	2,5—3
30—35	2,8—3	45—60	1,8—2,2
20—25	2,4—2,8	70—120	1,3
16	2,6—3	30—150	0,8—1,3
12	2,8—4,2	25—200	0,35—0,5
10	2,5—3	70—140	0,3
7	2,5—3	50—65	0,3
2	2,7	25	0,25

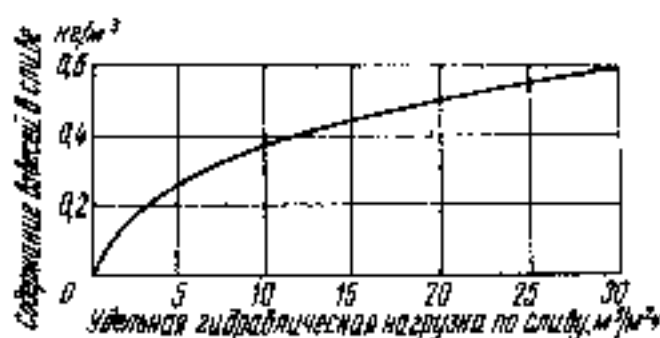


Рис. 2. Зависимость между удельной гидравлической нагрузкой тонкослойного отстойника по сливу и частотой слива при осветлении сточных вод флотообогащения стекольных песков

ТСМ-0,6, который был перевезен и смонтирован в помещении пульпо-насосной станции II подъема Соколовско-Сарбайского ГОКа.

Данные экспериментальных исследований при механическом осветлении сточных вод фабрики мокрой магнитной сепарации Соколовско-Сарбайского ГОКа безагрегатным способом представлены в табл. 2.

Удельная нагрузка по сливу, $\text{м}^3/\text{м}^2\text{ч}$	Содержание взвешенных частиц в сточной воде, $\text{г/л}$	Содержание взвешенных частиц в сгущенном продукте, $\text{г/л}$	Содержание взвешенных частиц в сливной воде, $\text{г/л}$	Примечание (Условия проведения опытов на стенде)
8,7	29	1631,6	0,6	Подача исходной сточной воды из зумпфа насосом
12,6	32,2	1845,2	0,9	
14,8	38,8	2402,3	1,8	
20	49,5	2718,5	2,6—5,7	
9,4	17,6	1051,7	0,2	Подача из магистрального пульповода

Из табл. 2 видно, что оптимальной расчетной удельной гидравлической нагрузкой тонкослойного сгустителя ТСМ-0,6 для данного вида сточных вод является  $q=12,6 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{ч}$ , при которой содержание взвешенных частиц в сливной воде этого аппарата не превышает  $0,9 \text{ г/л}$  при нормативных показателях для данного вида оборотной воды до  $1 \text{ г/л}$ .

Необходимо отметить, что в 1987—1989 гг. в стендовых усло-

виях Обуховского опытно-промышленного предприятия ВНИПИИстромсырье были проведены экспериментальные исследования на стенде с тонкослойным отстойником ТСМ-0,12 при сгущении зольных пульп (трех видов зол) с попутным осветлением оборотной воды. Результаты исследований [4] показали, что при удельной гидравлической нагрузке по сливу тонкослойного отстойника ТСМ-0,12  $q=14—16 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{ч}$  — содержание взвешенных частиц золы в слив-

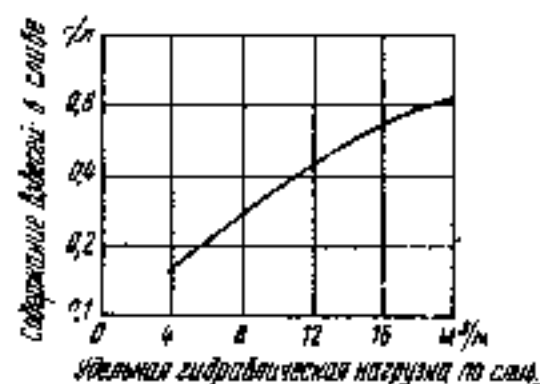


Рис. 3. Зависимость между удельной гидравлической нагрузкой тонкослойного отстойника по сливу и частотой слива при осветлении оборотной воды вапнеобработывающего цеха завода нерудных материалов

ной воде этого аппарата составляет  $0,5—0,8 \text{ г/л}$ .

В ноябре 1991 г. по инициативе Завода нерудных строительных материалов (г. Таллинн) проведены научно-исследовательские работы с ВНИПИИстромсырье. В результате этих работ в 1992 г. в цехе обработки известнякового камня будет внедрена опытно-промышленная установка по осветле-

Таблица 2

Таблица 3

Производительность исходные сточные воды, $\text{м}^3/\text{ч}$	Удельная гидравлическая нагрузка по сливу, $\text{м}^3/\text{м}^2\text{ч}$	Содержание взвешенных частиц в исходной сточной воде, $\text{г/л}$	Содержание взвешенных частиц в сливной воде, $\text{г/л}$
3,9	6,5	21,45	0,225
5,5	9,15	24,9	0,38
8,5	14,2	27,1	0,5
20,6	34,3	38,2	1,47



нию оборотной воды на базе двух тонкослойных отстойников ТСМ-1,2, разрабатываемых в настоящее время. Параллельно в декабре 1991 г. было проведено испытание на стенде с тонкослойным отстойником ТСМ-0,6, смонтированным в корпусе цеха камнеобработки, но с новыми полиэтиленовыми пластинами в камере осветления, имеющими высоту анкерных ребер, а соответственно и зазор между полками пластин в этой камере — 20 мм, тогда как зазор между пластинами в нижней камере — 40 мм. Результаты экспериментальных данных, полученные на стенде с тонкослойным отстойником ТСМ-0,6 при осветлении сточных вод цеха камнеобработки завода нерудных материалов, представлены в табл. 3 и на графике (рис. 3).

Из табл. 3 видно, что рациональный расчетный расход сточных вод цеха камнеобработки Завода нерудных материалов (г. Таллинн) для тонкослойного отстойника ТСМ-0,6 не должен превышать  $8 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а удельная гидравлическая нагрузка по сливу соответственно не должна быть более  $14 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{ч}$  для обеспечения требований заказчика к содержанию взвешенных частиц в оборотной воде не более  $0,5 \text{ г/л}$ .

Проведенные исследования подтвердили возможность эффективного осветления технологической оборотной воды: при сгущении зольных пульп сточных вод флотообогащения стекольных песков, хвостовых сточных вод мокрой магнитной сепарации при обогащении железных руд и сточных вод цеха камнеобработки с помощью нового двухмодульного тонкослойного отстойника типа ТСМ, который рекомендуется для широкого применения в технологических схемах мокрого обогащения минерального сырья и для создания систем оборотного водоснабжения промышленных предприятий и карьеров.

Высокая эффективность осветления оборотной воды в тонкослойном отстойнике типа ТСМ достигается благодаря следующим факторам: ламинизации потока в многочисленных узких наклонных каналах между пластинами нижнего и верхнего модулей, что обеспечивает стабилизацию процесса осаждения в грунтоборнике взвешенных в сточной воде частиц; сокращения высоты осаждения ча-

стид, а соответственно и времени их осаждения в наклонных слоях в 10–15 раз по сравнению с радиальным отстойником; быстрой концентрации выпавшего осадка на пластинах в виде тонких слоев, которые не взмучиваются в ламинарном встречном потоке пульпы и с довольно большой скоростью постулают в зону выгрузки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kuiter W. Klassertechnik // Polytechnik tijdschr. Procestechniek 1978. Vol. 33 - № 1.

2. Карпеев В. А., Хрусталева М. И., Приходько И. И. Гидравлическая переработка нерудных материалов в СССР и за рубежом // Строит. материалы. 1988. № 1.

3. А. с. 1526744 СССР, МКИ В01D 21/00, В03В 5/62. Тонкослойный ступенчатый / В. А. Карпеев, И. С. Казьмин, М. И. Хрусталева // Б. И. 1989. — № 45.

4. Хрусталева М. И., Карпеев В. А., Коробов А. Б. Результаты исследования процесса гидравлической переработки золошлаковых отходов тепловых электростанций. Сб. тр. ВНИИИ-Стромсырье / Интенсификация производства нерудных строительных и облицовочных материалов // М., 1989.

## УралНИИСтромпроект

### предлагает

## МНОГОГНЕЗДНОЕ ВИБРОФОРМОВАНИЕ — ПРОСТОЙ И ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ БЕТОННЫХ СТЕНОВЫХ КАМНЕЙ

Незначительные капитальные затраты, малая производственная площадь, простейшее оборудование, высокая механизация процесса, использование местного сырья позволит Вам с помощью УралНИИСтромпроекта в кратчайшие сроки освоить производство.

Мощность участка . . .	2,5—3 млн. шт. усл. кирпича
Площадь помещения . . .	300—400 м <sup>2</sup>
Высота . . . . .	6—7 м
Число работающих . . . .	3—4 чел.
Количество одновременно формируемых изделий . . .	25 шт.

#### Мы предлагаем:

техническую документацию с привязкой к местным условиям, испытание сырья и готовой продукции, изготовление основного оборудования, помощь в отработке технологии.

Обращайтесь по адресу: 454047, г. Челябинск, ул. Сталеваров, 5, УралНИИСтромпроект, лаборатория силикатных стеновых материалов. Телефон: 24-51-25.

УДК 666.97/.98.001.2

П. И. БОЖЕНОВ, д-р техн. наук (ЛИСИ)

## О формировании технических характеристик полидисперсных искусственных материалов

Твердые искусственные материалы, получаемые промышленным способом — металлы, пластмассы, керамика, автоклавные материалы, бетоны, строительные растворы, асфальты, ситаллы и даже стекла, за редким исключением, полидисперсны и на микроуровне не гомогенны. Управлению макроструктурой (гранулометрическим составом) таких материалов уделяется мало внимания. В то же время назрела необходимость в глубоких исследованиях этой проблемы, что имеет не только познавательный характер, но и большое практическое значение.

Известны две технологии получения полидисперсных материалов: 1) кристаллизация из расплавов (металлы, каменное литье и ситаллы) и 2) производство полидисперсных материалов, базирующееся на использовании искусственной шихты, состав которой в технологическом процессе должен обеспечить наличие в продукте двух видов различных по назначению и значимости сырьевых компонентов — тонкодисперсных и грубозернистых.

В данной статье рассматривается только второй вариант получения полидисперсных материалов.

Тонкодисперсные компоненты — это химически активное сырье. В результате производства и связанных с ним химических и физических процессов образуются новые тонкодисперсные химические соединения — жидкая фаза в керамике, цементный камень в растворах и бетонах, битумы в асфальтобетоне, смолы в пластмассах и др.

Грубозернистые компоненты — механически активное сырье в процессе производства сохраняет свои физические, механические характеристики и передает их искусственному продукту — асфальту,

пластмассе, керамике, бетону и др. Его предлагается называть механически активным сырьем. В количественном отношении именно этот компонент занимает более половины искусственного строительного материала, иногда 80—85 %.

Роль же химически активного (тонкодисперсного) компонента — зафиксировать, лишить свободы передвижения, «заставить работать» грубозернистое механически активное сырье. Размер зерен механически активного компонента в образовавшемся искусственном твердом материале на несколько порядков больше размера зерен матрицы, образовавшейся в процессе производства из химически активного сырья. Чем ее меньше, тем ближе технические характеристики полученного твердого материала к характеристикам механически активного компонента.

Следует отметить, что на подготовку к производству и на обеспечение технологического процесса основные затраты — труд, электроэнергия и топливо падают на обработку химически активного сырья, поэтому необходимо так организовать производство, чтобы для образования грубозернистого компонента были созданы условия. А они следующие.

1. В каждом полидисперсном искусственном материале матрица — тонкодисперсный (химически активный) компонент должна покрыть тонкой пленкой зерна грубозернистого компонента в местах их контакта.

2. В зависимости от требований к заданному продукту матрица должна заполнить межзерновые пустоты механически активного компонента или они остаются незаполненными, если требуется высокая пористость материала.

3. В результате сложных физико-химических процессов (твердения, полимеризации, охлаждения) несвязанная шихта должна быть переведена в твердый прочный материал.

4. Приготовление сырьевой смеси должно быть так организовано, чтобы объем химически активного компонента (матрицы) был бы минимальным для данных условий производства, а механически активного компонента, наоборот — максимальным. Технические (физические) характеристики последнего должны быть выше, чем показатели заданных свойств искусственного материала.

В научной литературе глубоко анализируются требования к химически активному сырью и физико-химическим преобразованиям его в процессе производства, разработаны научно обоснованные методы исследований. Разработке же теоретических положений о роли механически (физически) активного сырья в формировании эксплуатационных характеристик полидисперсного продукта уделяется мало внимания. Это сырье обычно рассматривается как «топоситель», «наполнитель», «заполнитель» и даже как инертный материал, только снижающий стоимость готового продукта, хотя именно грубозернистый компонент определяет и качество и технологию и материалоемкость производимого полидисперсного строительного материала.

Влияние механически активного компонента на технико-экономические характеристики искусственного камня показано на примере управления макроструктурой бетона.

Бетонная смесь — цементное тесто + заполнители до начала схватывания должна иметь заданную удобоукладываемость. В основу

классического метода расчета расхода цементного теста, а следовательно цемента, положен показатель водопотребности заполнителей. Известно, что у песка водопотребность в несколько раз больше, чем крупного заполнителя и зависит от удельной поверхности, которая увеличивается с уменьшением размера зерен. Удельная поверхность зерен и объем цементирующей пленки песков на порядок больше, чем у щебня или гравия (табл. 1 и 2), это явилось причиной негативного отношения к мелким пескам.

Не учитывается, что в цементных бетонах мы имеем дело не с чистой водой, а с цементным тестом, технические характеристики которого влияют как на свойства бетонной смеси, так и на формирование прочностных характеристик затвердевшего бетона. В книге «Технология бетонных и железобетонных изделий» (М.: Стройиздат, 1984, с. 191) в соответствии с классическим методом расчета состава бетона приведен фактический расход материалов на  $1 \text{ м}^3$ : цемента 350 кг, воды 190 л, песка 580 кг и щебня 1230 кг. Следовательно, цементное тесто составляет 322 л на  $1 \text{ м}^3$ , а объем заполнителей — 678 л на  $1 \text{ м}^3$ , или 67,2 %, что соответствует составу бетона 1:1:3,4 вместо 1:2:4, который широко использовался в строительной практике еще в сороковых годах.

Конкретная смесь заполнителей имеет собственный объем пустот и суммарную поверхность. Цементное тесто должно заполнить пустоты между зернами заполнителей и покрыть поверхность всех зерен тонкой пленкой, что обеспечит непрерывность цементной матрицы и максимальную плотность бетона.

Расходы цемента и воды будут зависеть от требуемого В/Ц. Чем оно меньше, тем больше цемента и меньше воды.

Результаты многолетних исследований, а также данные, опубликованные в литературе, подтвердили известное правило — в качественном бетоне расход цементного теста должен быть минимальным, но достаточным (рис. 1). Это зависит от плотности упаковки зерен заполнителей и контролируется межзерновой пустотностью смеси последних.

Обычно высокий расход цемента в бетоне связывают с плохим качеством заполнителей, особенно

Таблица 1

Размер зерен, мм	Средний диаметр зерен, мм	Удельная поверхность зерен, $\text{см}^2/\text{г}$	Удельный объем цементирующей пленки, $\text{мм}^3/\text{г}$
Менее 0,1	0,05	453	67,95
0,1—0,5	0,3	75,05	11,25
0,5—1	0,7	30,2	4,53
1—5	3	7,5	1,13
5—10	7,5	3	0,45
10—20	15	1,5	0,23
20—40	30	0,8	0,12
40—80	60	0,4	0,06

Примечание. Удельный объем цементирующей пленки рассчитан из условий ее толщины 0,15 мм.

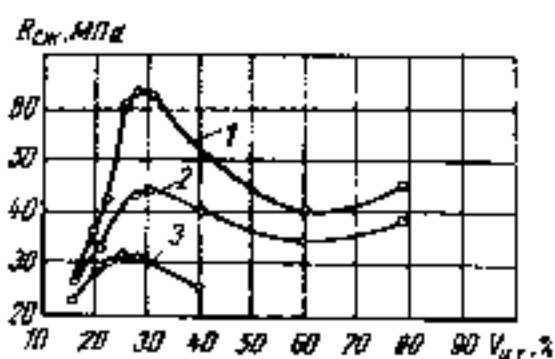


Рис. 1. Изменение прочности бетона от изменения объема цементного теста

низким модулем крупности песков. В то же время в ряде регионов страны строители вынуждены применять мелкую и даже очень мелкую (в Средней Азии) пески, в нарушение ГОСТов и СНиПа. Бетоны же и растворы на таких нестандартных песках получаются хорошие (табл. 3). Установлено, что увеличение В/Ц приводит к

уменьшению расхода цементного теста для равноподвижных бетонных смесей, уменьшению пустотности и увеличению прочности бетонов.

Результаты многолетних исследований, опыт строительства показывают, что правильно подобранный зерновой состав смеси заполнителей обеспечивает межзерновую пустотность менее 21 %, даже при использовании песков с модулем крупности 0,9—1,1. На 10—15 % экономится цемент при удовлетворении всех заданных показателей бетонной смеси и затвердевших бетонов или растворов.

Для двухкомпонентной смеси заполнителей — щебень + песок при обязательном условии, чтобы диаметр самых крупных зерен песка был меньше, чем 0,226 диаметра самых мелких зерен щебня, межзерновая пустотность смеси всегда будет меньше 21 % (обычно 16—19 %). Этот показатель «контролирует» не только гранулометрический состав заполнителя, но косвенно — форму зерен и качество их поверхности. Гравий и речной песок всегда более плотно упакованы, чем щебень и горный дробленый песок.

На заполнение межзерновых пустот смеси заполнителей расходуется 70—75 % цементного теста. На заполнение 1 % пустот в  $1 \text{ м}^3$  бетона требуется 10 л цементного теста или 9—14 кг цемента в зависимости от В/Ц. Это свидетельствует о важности регулирования межзерновой пустотности.

Таблица 2

Размер фракции песка, мм	Удельная поверхность песка		
	по Куданову Л. И.	по Ахвердову И. М.	по Башанову Ю. М.
2,5—5	23	24,8/0,94	16/0,61
1,25—2,5	50/1,91	53,5/2,02	32,5/1,25
0,63—1,25	92,3/3,46	98,1/3,7	66,7/2,66
0,31—0,63	182,1/7	190,8/7,2	133,3/5,13
0,16—0,31	362,9/13,69	337/14,1	266,7/10,26
0,07—0,16	760,6/28,81	776,5/29,3	600/23,06

Примечание: числитель —  $\text{м}^2/\text{м}^3$ ; знаменатель —  $\text{м}^2/\text{кг}$ .

Таблица 3

Гр. фракция, мм	Песок с $M_{кр}$ , мм	$\frac{D_{песка}}{D_{щебня}}$	Пустотность смеси заполнителей, %	Суммарная поверхность смеси заполнителей, $\text{м}^2/\text{м}^3$	Объем цементного теста, $\text{л}/\text{м}^3$	Расход цемента, $\text{кг}/\text{м}^3$	Прочность бетона при испытании после тепловой обработки, $\text{МПа}$
3—20	2,6		22	6400	310	314	11
10—20	2,5		18,5	6900	290	290	14
3—20	0,63		16	7160	285	279	14,8
10—20	0,63	1,02	18,5	7780	280	274	16,5

Примечание. Песок с  $M_{кр}$  — 2,6 и 0,9; В/Ц бетонной смеси 0,7; осадка конуса — 10 см;  $\frac{D_{песка}}{D_{щебня}}$  характеризует степень заполнения песком пустот щебня, которая теоретически равна 1.

Изменение прочности бетона в зависимости от количественного содержания цементного теста показано на рис. 1. В качестве заполнителей была использована смесь — гранитный щебень + кварцевый песок с межзерновой пустотностью в уплотненном состоянии 18%. Из рисунка видно, что независимо от В/Ц максимальная прочность бетонов соответствовала содержанию цементного камня в количестве 22—25%, что превышает объем пустот в смеси заполнителей на 4—7%. Избыток цементного теста потребовался для обволакивания зерен крупного заполнителя (щебня) и получения заданной подвижности бетонной смеси. На обволакивание зерен песка, несмотря на меньший его объем в бетоне, требовалось бы более 100 л цементного теста на 1 м<sup>3</sup> бетона, а их нет.

При меньшем, чем требуется, объеме цементного теста не обеспечивается непрерывность цементной матрицы и прочность бетона резко падает. При постепенном увеличении объема цементного теста прочность бетона также уменьшается, но по другой причине: цементный камень имеет меньшую прочность, чем заполнитель, а их объем соответственно уменьшается. В то же время цементное тесто, заполняя пустоты, раздвигает зерна заполнителя, следовательно, цементная матрица должна быть непрерывной, но расход цементного теста — оптимальным. Нарушение того или иного условия неизбежно ухудшит технические и экономические характеристики бетона.

В бетонах и растворах цементное тесто играет роль тонкодисперсного, химически активного компонента — регулятора удобоукладываемости смеси и механических характеристик затвердевших бетонов или растворов.

Теория и практика технологии бетона показывают, что в зависимости от состава заполнителей при одинаковых подвижности смеси и В/Ц расход цемента в бетоне колеблется в пределах  $\pm 100$  кг/м<sup>3</sup>, а разница в прочности —  $\pm 10$  МПа. Причина этого — отсутствие научно обоснованного способа управления зерновым составом заполнителей — количественным соотношением песка и щебня (гравия), неправильная оценка их в формировании технических и экономических характеристик бетона (раствора). Давно

известно и в последнее время подчеркивается, что крупный заполнитель является главной составляющей бетона как в количественном отношении, так и с позиций формирования его качественных характеристик.

Технологическая и структурообразующая роль мелкого заполнителя — песка оценивается по-разному.

Модуль крупности (в США, например, модуль мелкости) до последнего времени в соответствии с ГОСТ и СНиП также, как и водопотребность и суммарная поверхность зерен, считаются основными характеристиками песка. В учебниках и публикациях как в нашей стране, так и за рубежом подчеркивается, что увеличение водопотребности, суммарной поверхности, уменьшение модуля крупности песка увеличивают расход цемента.

Основной качественной характеристикой песков как в нашей стране, так и за рубежом считается модуль крупности. С пятидесятых годов из ГОСТов на песок исчезло требование к межзерновой пустотности.

Определение модуля крупности заполнителей требует много времени. Однако этот показатель не контролирует ни суммарной поверхности, ни крупности зерен песка, ни водопотребности, ни удельной поверхности, ни расхода цемента, поэтому нет необходимости включать его в нормативные документы.

Выше было показано, что определяющей в расходе цементного теста в бетоне и растворе является межзерновая пустотность смеси заполнителей (см. табл. 3). Мелкие пески уплотняют смесь, уменьшают расход цементного теста и повышают качественные характеристики бетона. В чем причина этого явления, противоречащего установленным представлениям о роли песка?

Геометрическим анализом установлено, что можно сохранить первоначальный объем, если в пустотах между шарами любого диаметра разместить шары, диаметр которых меньше минимального сечения пустот. При многофракционной смеси соотношение диаметров зерен смежных фракций, исключая раздвижку крупных зерен, должно соответствовать соотношению

$$d_n : d_{n-1} = 0,225.$$

Теоретический минимальный объем межзерновых пустот смеси заполнителей для щебня пустотностью 40% и песка — 35% равен

$$\frac{V_n^{кр} V_n^{малк}}{100} = \frac{40 \times 35}{100} = 14 \%$$

Практически достигнуть такой пустотности невозможно. Обычно она на 2—3% больше. Тем не менее расход песка в смеси всегда должен соответствовать теоретическому объему межзерновых пустот крупного заполнителя (в нашем примере 400 л/м<sup>3</sup>), а расход цементного теста — объему межзерновых пустот смеси, установленному экспериментально.

Допустим, что крупный заполнитель в уплотненном состоянии имеет 40% межзерновых пустот, а их объем в 1 м<sup>3</sup> равен 400 л. Для заполнения пустот крупного заполнителя цементным тестом требуется 400 л и еще некоторое количество на обмазку зерен. Поскольку межзерновая пустотность сыпучих однофракционных тел не зависит от размера их зерен, можно считать, что пустотность зерен крупного заполнителя, обмазанных цементным тестом, сохранится и будет равняться 40%. Объем же бетонной смеси увеличится примерно на 20—30 л из-за раздвижки зерен крупного заполнителя пленкой цементного теста.

При постепенном заполнении пустот песком, самые крупные зерна которого не вызывают раздвижки самых мелких зерен щебня, объем смеси заполнителей до известного предела будет равен исходному объему крупного заполнителя, а межзерновая пустотность будет уменьшаться до тех пор, пока песок не заполнит все поры. При дальнейшем увеличении доли песка объем смеси заполнителей будет возрастать на величину, равную объему дополнительно введенного песка, а межзерновая пустотность и суммарная поверхность зерен заполнителя будут расти, приближаясь к показателям песка (рис. 2).

Критический объем песка в рыхлонасыпном состоянии, обеспечивающий минимальную межзерновую пустотность, соответствует объему межзерновых пустот крупного заполнителя в уплотненном состоянии. Отклонение от этого правила приводит к увеличению межзерновой пустотности смеси и, как следствие, повышает расход цементного теста.

При рациональном и меньшем количестве песка объем цементного теста равен  $V_{цт} = V_n^{см} + \alpha S_{кр}$

$$V_n^{см} = \frac{V_{кр} V_{мелк}}{100} \left( \frac{40 \times 35}{100} = 14\% \right)$$

При содержании песка, превышающем критическое, требуемый объем цементного теста увеличивается и тем больше, чем меньше песок.

$$V_{цт} = V_n^{см} + \alpha S_{кр} + \beta S_{мелк}$$

где  $V_{цт}$  — объем цементного теста;  $V_n^{см}$  — объем межзерновых пустот смеси заполнителей виброуплотненной в воде;  $V_n^{кр}$  — объем пустот крупного заполнителя в виброуплотненном состоянии на воздухе;  $V_n^{мелк}$  — объем пустот мелкого заполнителя в рыхлом состоянии на воздухе;  $S_{кр}$ ,  $S_{мелк}$  — удельная поверхность соответственно самых мелких зерен крупного заполнителя и самых крупных зерен мелкого заполнителя;  $\alpha$  и  $\beta$  — толщина пленки цементного теста на поверхности зерен соответственно крупного (0,1—0,3 мм) и мелкого (0,05—0,15 мм) заполнителя.

Разница между показателями теоретической и фактической пустотности характеризует степень совершенства технологии приготовления смеси заполнителей и не должна превышать 3%. С увеличением  $V_n^{см}$  на 1% увеличивается расход цементного теста на 10 л на 1 м<sup>3</sup> или (в зависимости от В/Ц) на 6—13 кг цемента.

При рациональном и меньшем количестве песка в смеси ее объем равен объему крупного заполнителя:  $V_{см} = V_{кр}$ . Если содержание песка превышает критическое, объем смеси заполнителей увеличивается и становится равен объему крупного заполнителя плюс объем песка, вводимого сверх критического:  $V_{см} = V_{кр} + (V_{мелк} - V_n^{см})$ , где  $V_{см}$  — объем смеси заполнителей;  $V_{кр}$ ,  $V_{мелк}$  — объемы соответственно крупного и мелкого заполнителей;  $V_n^{кр}$  — объем пустот крупного заполнителя.

При соблюдении изложенного требования ( $D_{мелк} : d_{кр} = 0,225$ ) модуль крупности, суммарная поверхность, форма зерен и водопотребность песка не оказывают заметного влияния на расход цементного теста в бетоне. Однако при нарушении этого условия, при избыточном расходе песка возрастает роль его суммарной поверхности и водопотребности на расход цементного теста и подвижность бетонной смеси; уменьшается технологическая роль крупно-

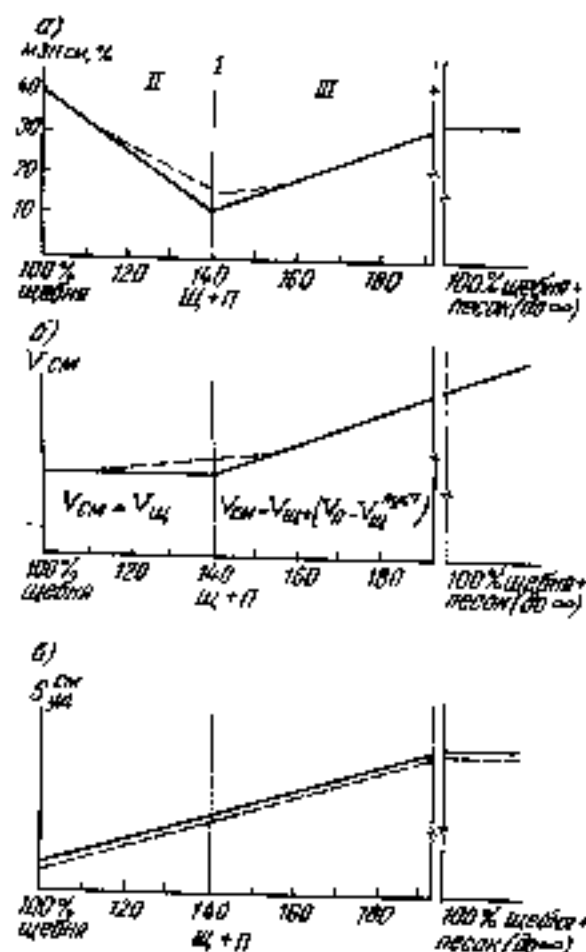


Рис. 2. Изменение межзерновой пустотности [а], объема [б] и удельной поверхности [в] от содержания песка в смеси заполнителей  
I — рациональное содержание песка; II — мало песка; III — много песка  
— — — — — теоретическое значение;  
— — — — — экспериментальное значение

го заполнителя и увеличивается роль мелкого; растет расход цемента, а качественные характеристики бетона ухудшаются, даже в том случае, когда межзерновая пустотность смеси заполнителей менее 21%.

Из рис. 2 видно, что минимальная межзерновая пустотность, полученная экспериментально, равна 16% и соответствует смеси состава: 100% щебня + 40% песка. Точно такую же пустотность (16%) покажут смеси, лежащие левее и правее критической. Например, в смеси 100+35 мало песка и межзерновые пустоты должно заполнить цементное тесто. Удобукладываемость смеси плохая. В смеси 100+44 много песка. Зерна щебня в нем плавают. Резко увеличивается расход цементного теста и тем больше, чем меньше размер зерен песка.

Анализ многочисленных публикаций говорит о том, что авторы работали, в основном, на смесях, расположенных правее критической точки. Это и послужило причиной отрицательного отношения к мелким пескам.

Основная технологическая роль песка — заполнить пустоты крупного заполнителя, не раздвигая покрытых тонкой пленкой (0,1—0,3 мм) цементного теста его зер-

на. Здесь важно соотношение размеров самого крупного зерна песка к самому мелкому зерну щебня (гравия). Геометрически при упаковке шаров соотношение диаметров мелкой фракции к крупной равно 0,226. Как уже отмечалось, все зерна грубозернистого компонента должны быть покрыты тонкой пленкой матрицы (цементным тестом, битумом, смолой, стеклом и т. д.). Следовательно, зерна песка, заполняющие пустоты между зернами щебня, будут раздвинуты цементным тестом, поэтому соотношение зерен песка к зернам щебня следует принять не 0,226, а менее 0,225.

Многочисленные эксперименты позволяют утверждать, что для обеспечения рационального состава смеси заполнителей следует определять межзерновую пустотность крупного заполнителя в уплотненном виброцелостном состоянии, а мелкого заполнителя — в рыхлом состоянии на воздухе. Объем тонкодисперсного компонента (матрицы) должен соответствовать межзерновой пустотности смеси заполнителей плюс ее объем на обмазку самых мелких зерен крупного заполнителя.

Удобукладываемость (формуемость) смеси достигается путем некоторого увеличения или уменьшения объема цементного теста (матрицы). В табл. 4 приведена минимальная (теоретическая) межзерновая пустотность 2- и 3-фракционных смесей заполнителей в зависимости от пустотности щебня в уплотненном состоянии и песка в рыхлом состоянии на воздухе. Из данных таблицы видно, что переход от двухфракционной смеси к трехфракционной приводит к уменьшению межзерновой пустотности в 2—3 раза или на 53—124 л, что равносильно экономии 40—170 кг/м<sup>3</sup> цемента в зависимости от В/Ц и удобукладываемости смеси. Следует подчеркнуть, что и при трехфракционной смеси требуемый объем матрицы определяет межзерновая пустотность смеси заполнителей и суммарная поверхность зерен только первой (крупной) фракции. Вторая и третья фракции вытесняют из пустот цементное тесто, сохраняя непрерывность матрицы, уменьшают ее объем в полидисперсном материале.

Из сказанного выше можно сделать следующие выводы.

Технические характеристики по-



Таблица 4

Пустотность щебня, %	Пустотность песка, %			
	30	35	40	45
30	90/27	105/36,8	120/48	135/60,8
35	105/31,5	122/42,7	140/56	157,5/70,9
40	120/36	140/49	160/64	180/81
45	135/40,5	157,5/55,1	180/72	202,5/91,1
50	150/45	175/61,3	200/80	225/102,3

Увеличение пустотности щебня на 1 % — увеличивает пустотность смеси заполнителей, л/м <sup>3</sup>	3/0,9	3,5/1,22	4/1,6	4,5/2
--	-------	----------	-------	-------

Примечание. Перед чертой — двухфракционная смесь заполнителей; за чертой — та же — трехфракционная.

лидисперсных систем, к которым относятся многие строительные материалы, зависят от свойств, соотношения и взаимодействия грубозернистого и тонкодисперсного компонентов.

По объему главной составляющей полидисперсного материала является грубозернистый компо-

нент: чем его больше, тем ближе качественные характеристики искусственного камня к его техническим характеристикам.

Грубозернистый компонент должен иметь более высокие технические характеристики, чем искусственный камень на его основе.

Тонкодисперсный компонент

(матрица) обволакивает все зерна грубозернистого. Чем меньше объем матрицы, тем ближе качественные характеристики искусственного материала к свойствам грубозернистого компонента.

Основное количество тонкодисперсного компонента расходуется на заполнение межзерновых пустот грубозернистого.

Объем межзерновых пустот грубозернистого компонента зависит от пустотности мелкого и крупного заполнителей (щебня и песка для бетона). Соотношение размера самых крупных зерен мелкого заполнителя (песка) и самых мелких зерен крупного заполнителя (щебня) должно быть менее 0,225 и сохраняться для любой последующей более мелкой фракции по отношению к предыдущей более крупной.

Модуль крупности, водопотребность и удельная поверхность песка не дают нужной информации для определения качественных характеристик и состава бетона, полученного с его применением.

УДК 666.914.3.001.5

А. В. ФЕРРОНСКАЯ, д-р техн. наук, В. П. ТОКАРЕВА, инж. (МИСИ им. В. В. Куйбышева)

## Повышение биостойкости бетонов, изготовленных на основе гипсовых вяжущих

Длительные наблюдения за изделиями, изготовленными из бетонов, полученных на основе гипсовых вяжущих (санитарно-технические кабины, вентиляционные блоки, ограждающие конструкции и др.) показали, что на их поверхности могут появляться микроорганизмы, скопления которых создают микробиологический фактор коррозии. При этом участие микроорганизмов в коррозионных разрушениях бетона обуславливается благоприятной средой для их жизнедеятельности, и прежде всего повышенной влажностью. В этом случае ухудшаются внешний вид изделий, санитарно-гигиенические условия внутри помещений, происходит коррозия бетона, в результате воздействия на него продуктов жизнедеятельности микроорганизмов.

Анализ и обобщение литературных данных свидетельствуют, что одним из главных условий для жизнедеятельности микроорганизмов в бетонах на различных вяжущих является щелочность среды, находящаяся в пределах 4—7. В этом плане среда бетона, изготовленного из гипсовых вяжущих (их рН=6—9), более благоприятна для поселения микроорганизмов. Менее благоприятная среда у водостойких гипсовых вяжущих. Ее воздействие тем меньше, чем больше в составе находится портландцемента.

Другим фактором, способствующим поселению и развитию микроорганизмов в бетонах на основе гипсовых вяжущих, является пористость. Исследованиями установлено, что основные причины разру-

шения бетона микроорганизмами это действие выделяемых в процессе их жизнедеятельности кислот, главным образом органических.

В ранних работах В. П. Балдина, В. Б. Ратинова и А. В. Ферронской [1] показано, что бетоны из водостойких гипсовых вяжущих по кислотостойкости несколько превосходят бетоны на портландцементе. Повышенная стойкость этих бетонов в кислых средах объяснялась тем, что гипсовое вяжущее является своеобразным «буфером», который воспринимает действие кислот и сохраняет в определенной степени относительно прочный структурный каркас из новообразованного портландцемента, устойчивость которых в органических кислотах, по данным названных

выше авторов, а также Ф. М. Ли [2] и других, ниже стойкости гипсовых вяжущих.

Все вышесказанное позволило предположить, что бетоны на водостойких гипсовых вяжущих более стойки в органических кислотах, чем бетоны на портландцементе, из-за меньшей растворимости в них двуводного сульфата кальция, поэтому бетоны на гипсовых вяжущих должны быть более стойкими против воздействия микроорганизмов, выделяющих в процессе своей жизнедеятельности органические кислоты. При этом не последнее место занимает формирование и строение поровой структуры материала.

В настоящее время отсутствуют сведения о поведении бетонов на гипсовых вяжущих под воздействием микробиологически опасных сред. С целью изучить эту проблему проведены исследования поведения изделий в эксплуатации, изготовленных из гипсовых вяжущих.

Натурные наблюдения за санитарно-техническими кабинками, изготавливаемыми из водостойких гипсовых вяжущих Хорошевским заводом железобетонных изделий ДСК-1, на разных стадиях их хранения, монтажа и эксплуатации позволили установить признаки жизнедеятельности плесневых грибов следующих видов — *Penicillium*, *Stadosporium*, *Aspergillus* и *Raeciliopsis*. Основной причиной появления колоний этих грибов является недопустимо высокая влажность бетона в сантехкабинах (иногда более 20%). На поверхности же гипсобетонных ограждающих конструкций сельскохозяйственных производственных зданий главным образом поселяются плесневые грибы — *Aspergillus*, *Penicillium* и *Trichoderma*. Изменение физико-механических свойств бетона под действием микроорганизмов подтверждает наличие коррозионных процессов, вызванных жизнедеятельностью этих микроорганизмов.

Снижение pH водной вытяжки с 11 до 8,5 указывает на кислотный характер этих процессов, в ослабление наружного слоя бетона можно объяснить образованием легко- и среднерастворимых солей этих кислот.

Для выяснения бностойкости гипсовых (водостойких и неводостойких) вяжущих были проведены лабораторные исследования, кото-

рые включали определение фунгицидных и бактерицидных свойств таких вяжущих и факторов, влияющих на них, и установление коррозионной стойкости их к действию микроорганизмов.

Исследования фунгицидных и бактерицидных свойств гипсовых вяжущих показали, что сухие образцы, полученные на всех вяжущих задерживают вокруг себя рост плесневых грибов и бактерий, хотя и в разной степени. Влажные же образцы из водостойких гипсоцементно-пуццолановых вяжущих (ГЦПВ), в составе которых больше гипсового вяжущего, не задерживают рост грибов и бактерий. А образцы из гипсового и фосфогипсового вяжущих сами покрываются на 80% плесенью. Объяснить это можно указанными выше факторами, а именно, различием в значении водородного показателя, влажностью и пористостью материала.

Исследования коррозионной стойкости образцов из различных вяжущих к действию микроорганизмов, которую определяли по потере прочности при сжатии и коэффициенту стойкости  $K_{ст}$  образцов, инфицированных суспензией спор грибов, показали, что  $K_{ст}$  образцов

из вяжущих, в составе которых больше гипса, в возрасте 12 мес равен 0,98, а  $K_{ст}$  образцов, полученных из портландцемента и вяжущего с меньшим содержанием гипсовой составляющей — 0,95.  $K_{ст}$  образцов в возрасте 18 мес равен соответственно 0,93 и 0,89, а у образцов к 2,5 годам — он снижается до 0,86 и 0,87.

Объяснить более высокую коррозионную стойкость вяжущих с большим содержанием гипсовой составляющей можно тем, что в начальный период коррозии объем и концентрация выделяемых плесневыми грибами органических кислот невелики, а также тем, что гипсовая составляющая гипсоцементно-пуццоланового вяжущего, вследствие своей меньшей растворимости, способствует повышению кислотостойкости, что подтверждает высказанное ранее предположение.

Однако со временем из-за макропористой структуры исследуемых гипсовых вяжущих микроорганизмы захватывают все большие участки и интенсивность разрушения затвердевшего вяжущего увеличивается. Это видно из результатов исследования ГЦПВ вяжущего (рис. 1), в составе которого содержится от 25 до 50% комплек-

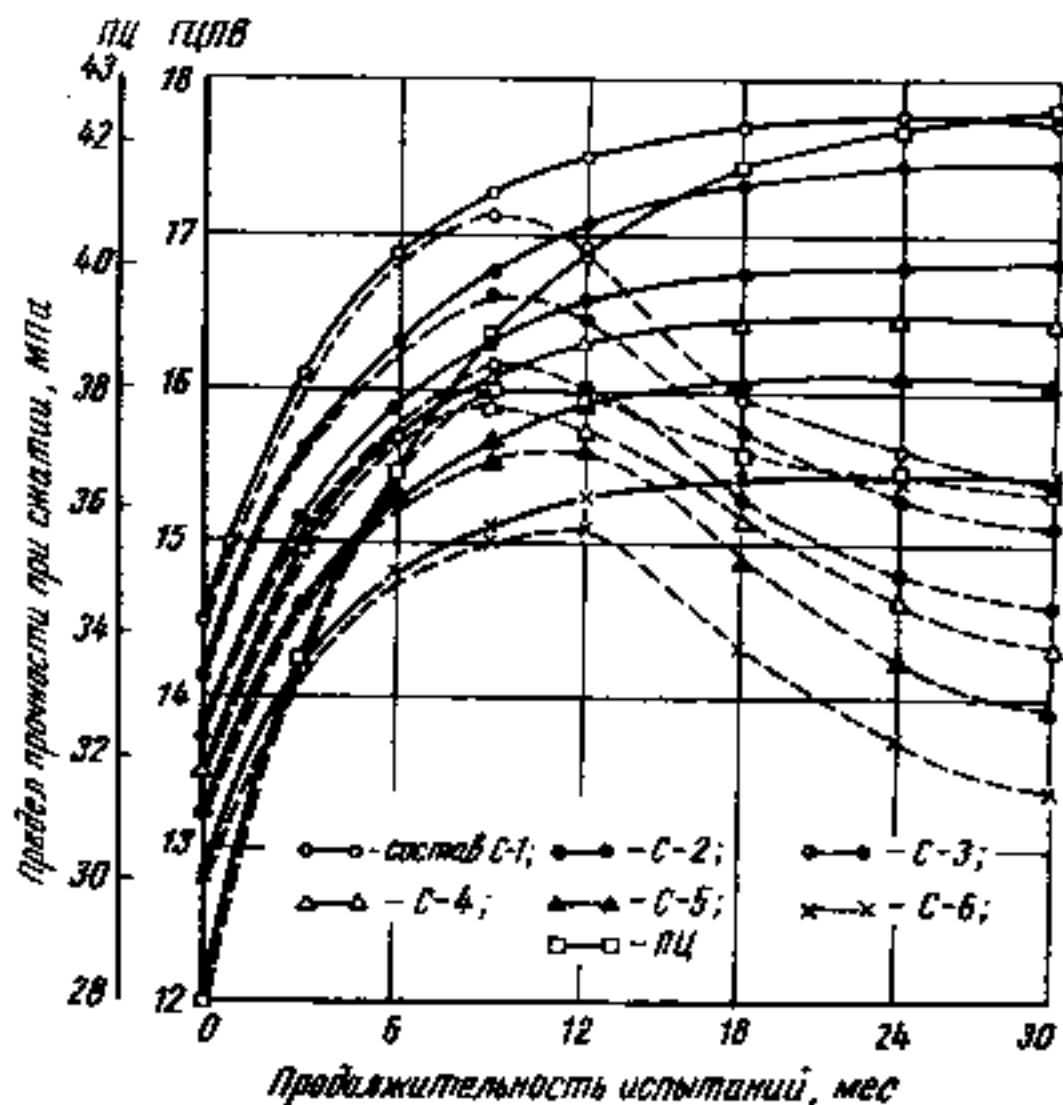


Рис. 1. Влияние состава вяжущих на прочность при сжатии образцов, хранящихся во влажных условиях

— — — инфицированные образцы; — — — неинфицированные образцы  
Состав ГЦПВ — гипсовое вяжущее: портландцемент:трепел, % по массе: С-1 — 50:32:18, С-2 — 35:29:16; С-3 — 60:26:14; С-4 — 65:23:12, С-5 — 70:20:10; С-6 — 75:18:9

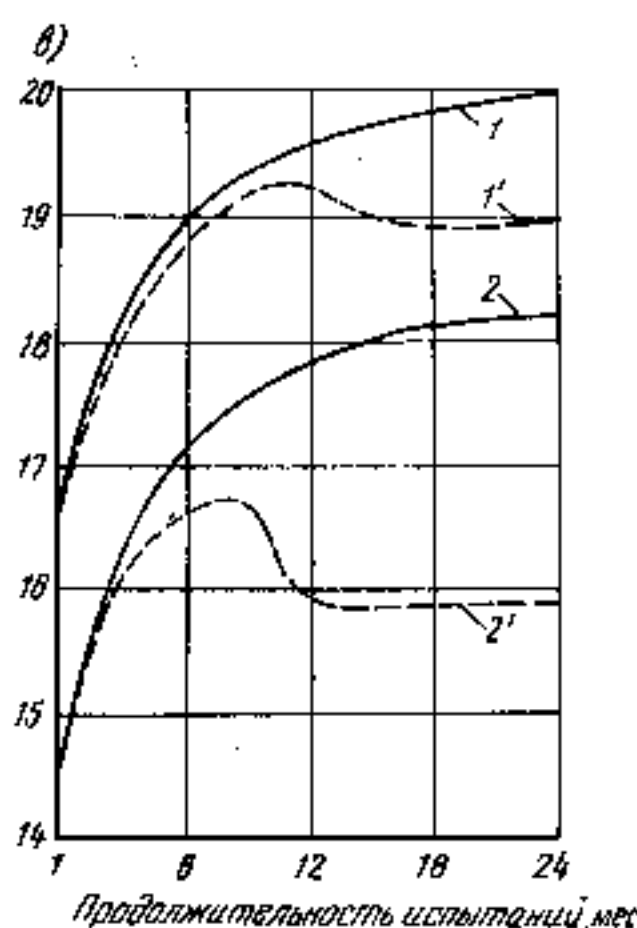
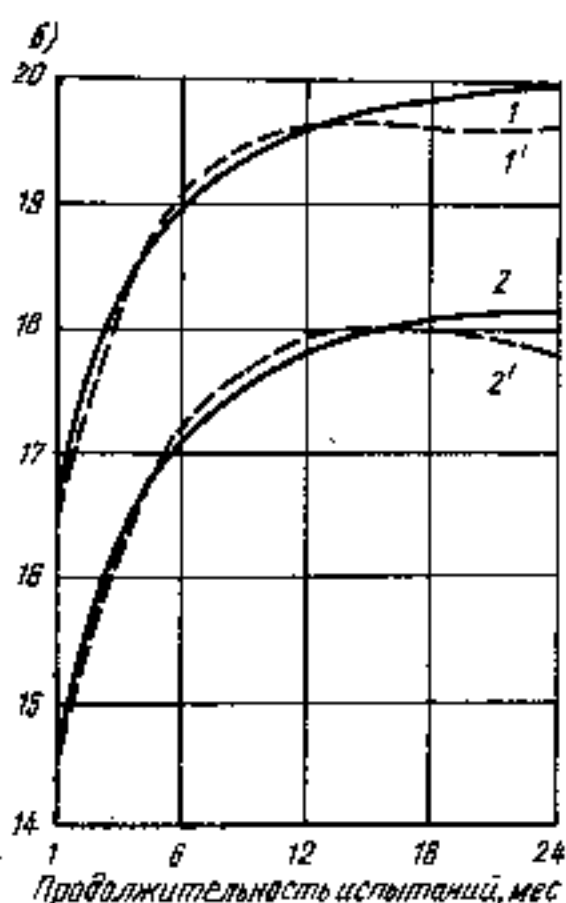
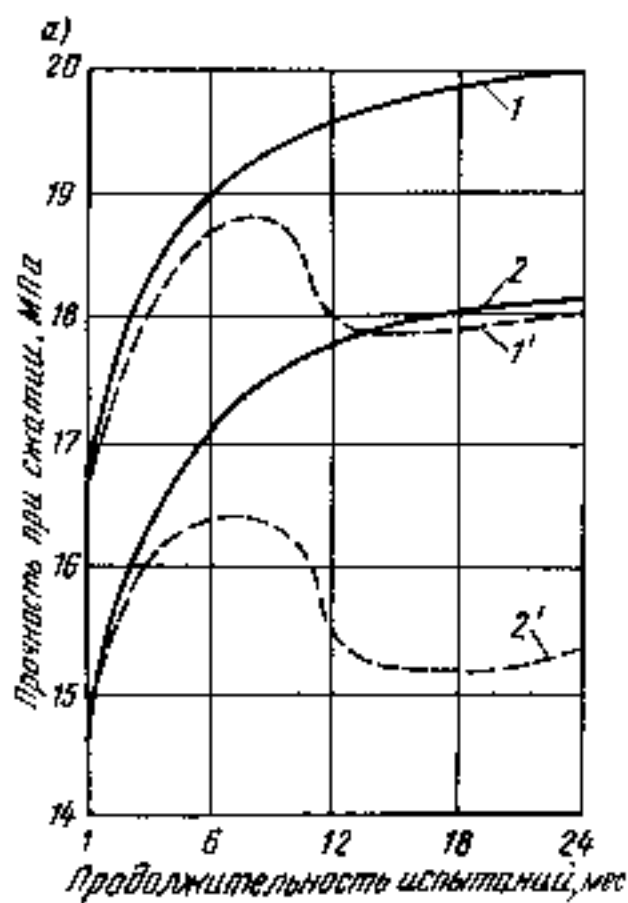


Рис. 2. Кривые изменения прочности при сжатии образцов из ГЦП вяжущего состава С-1, хранившихся в стерильной среде и среде, инфицированной плесневыми грибами различных родов

а — грибы рода *Penicillium*, б — то же, рода *Aspergillus*; в — то же, рода *Cladosporium* 1 и 1' — В/В<sub>ж</sub>=0,5; 2, 2' — В/В<sub>ж</sub>=0,54; — — — стерильная среда; — — — среда со спорами грибов

ной добавки портландцемент+трепел. И хотя водостойкие гипсовые вяжущие первые 18 мес в среде с микроорганизмами являются более стойкими, чем портландцементное вяжущее, в последующем они также интенсивно начинают снижать прочность и соответственно стойкость.

Известно, что различные виды плесневых грибов в результате своей жизнедеятельности выделяют разные органические кислоты и в неодинаковых количествах, поэтому степень их воздействия на бетон из водостойких гипсовых вяжущих должна быть различна. Это подтверждается изменением прочности при сжатии образцов на основе исследуемых гипсовых вяжущих, хранившихся в стерильной питательной среде и в среде, инфицированной спорами плесневых грибов видов *Penicillium*, *Cladosporium* и *Aspergillus* (рис. 2).

Наиболее агрессивными являются грибы рода *Penicillium*, так как они более интенсивно выделяют в окружающую среду лимонную, молочную и глюконовую кислоты. Менее агрессивны грибы рода *Cladosporium*, также выделяющие эти кислоты, но в меньших количествах. Что касается грибов рода

*Aspergillus*, выделяющих в основном щавелевую кислоту, то при ее взаимодействии с гидроксидом кальция образуется труднорастворимый оксалат кальция, который, выкристаллизовываясь в поровом пространстве, препятствует протеканию коррозионных процессов.

Таким образом, натурными и лабораторными исследованиями доказано, что гипсовые (водостойкие и неводостойкие) вяжущие недостаточно биостойки — при длительном хранении изделий из них в микробиологически опасных средах материал подвергается коррозионному разрушению. Поэтому бетоны, изготовленные с применением таких вяжущих требуют специальных мер защиты от биокоррозии. В последнее время наибольшее распространение получил метод химической защиты бетонов, в частности, применение биоцидных добавок.

Для придания биостойкости бетонам из гипсовых вяжущих в рассматриваемых исследованиях впервые применяли биоцидные добавки — производные дихлормалеиновой кислоты (ДХМК), обладающие преимуществом перед уже известными биоцидными добавками — они безвредны для человека, но токсичны по отношению к микроорганизмам [3]. Установлено, что введение таких биоцидных добавок в гипсобетонные смеси является эффективной защитой бетонов от микробиологической коррозии.

Результаты исследований подтверждены натурными наблюдениями в течение 1,5 лет за опытно-промышленной партией изделий из

биостойкого бетона, полученного на основе водостойкого гипсового вяжущего, из которых возведены сельские производственные здания. Экономический эффект от внедрения биостойких бетонов составил 2,2 р. на 1 м<sup>3</sup>.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ритников В. Б., Ферронокская А. В., Валдики В. П. Стойкость гипсобетонно-пущолаановых вяжущих под воздействием кислот сред // Строит. материалы. 1969. № 7.
- 2 Ли Ф. М. Химия цемента и бетона. — М.: Госстройиздат, 1961.
- 3 Вяжущее / А. В. Ферронокская, В. П. Токарева, В. И. Стамбулко, Р. Р. Салибгареев, В. В. Симоненков, Л. Л. Фролкина — Положительное решение по заявке № 4861449/33/090104 от 21.08.90.

#### По страницам журналов

Клини С. Номенклатура в классификации гипсовых вяжущих и изделий на основе их прочности // Цемент-Вяжущее-Гипс, т. XLIV/LVIII. 1991. № 9. Предложена система обозначений параметров прочности гипса. Система включает группу обозначений статистических прочностей гипса: гарантийная, характеристическая и расчетная для отдельных состояний напряжений (сжатие, растяжение, срез, уплотнение) и вводит классы прочности гипса, сохраняя применяемые до настоящего времени марки гипса.

Г. И. ГОРЧАКОВ, д-р техн. наук, И. И. ЛИФАНОВ, д-р техн. наук,  
А. А. БАГАУТДИНОВ, инж. С. С. АХМЕДОВ, инж. (МИСИ  
им. В. В. Куйбышева)

## Прогнозирование теплопроводности композиционных материалов различного строения

Основными факторами, от которых зависит теплопроводность материалов, являются: вид и структура основного вещества, плотность и характер пористости, влажность и температура. Для экспериментального определения теплопроводности материалов при различных значениях указанных факторов, требуются немалые материальные затраты и время [1].

Аналитические выражения, полученные в результате теоретических исследований композиционных материалов, позволяют определять теплопроводность последних в зависимости от их строения и условий эксплуатации [1-3].

В нормах проектирования (СНиП II-3-79 "Строительная теплотехника") использована табличная форма представления теплопроводности строительных материалов. Она громоздка и не учитывает структурных факторов, влияющих на теплопроводность.

По структуре большинство строительных материалов можно условно разделить на три вида [2]: а) материалы с замкнутыми включениями или включениями одного материала в другом; б) материалы с взаимопроницаемыми компонентами; в) материалы со смешанной структурой (рис. 1, а, б). Для вывода расчетных формул следует от реальной структуры перейти к упорядоченным моделям. Два варианта моделей для двух различных структур приведены на рис. 1, в и 1, г.

Как известно, в обычных условиях эксплуатации теплопроводность материалов с порами размером до 3 мм определяется кондуктивной составляющей, а доля конвективной и лучистой составляющих не превышает 1-2%.

В результате проведенных исследований выяснено, что для расчета теплопроводности материалов с замкнутыми включениями наиболее

подходит формула, предложенная в 1951 г. В. И. Одлевским [5]:

$$\lambda = \lambda_1 (1 - m_2 / (1 / (1 - V) - (1 - m_2) / 3)), \quad (1)$$

где  $\lambda_1$  — теплопроводность первого (основного) компонента;  $\lambda_2$  — теплопроводность включений, равная  $V = \lambda_2 / \lambda_1$ ;  $m_2$  — объемная концентрация включений.

Для расчета теплопроводности материалов с взаимопроницаемыми компонентами лучшие результаты дают математические выражения, которые вывели Г. Н. Дульнев и Ю. П. Заричняк [2]:

$$\lambda = 0,5(\lambda_3 + \lambda_4). \quad (2)$$

где

$$\lambda_3 = \lambda_1 (vc^2 + (1-c)^2 + 2vc(1-c)/(c+v(1-c))); \quad (3)$$

$$\lambda_4 = \lambda_1 / ((1-c)/((v-1)c^2+1) + c/((1-c)^2+cv(2-c))) \quad (4)$$

В этих выражениях коэффициент  $c$  зависит от концентрации второго компонента и вычисляется по следующим формулам:

$$c = 0,5 + A \cos \varphi;$$

$$\varphi = (2\pi - \psi) / 3;$$

$$\psi = \arccos(1 - 2m_2); \quad A = 1 \text{ при } m_2 \leq 0,5;$$

$$\psi = \arccos(2m_2 - 1); \quad A = -1 \text{ при } m_2 > 0,5.$$

Определение теплопроводности реальных материалов с различной структурой проведено на ЭВМ по специально разработанным программам, и результаты сопоставлены с независимыми экспериментальными данными.

Примером материала с замкнутыми включениями может служить сухой пенобетон. Из рис. 2 видно, что экспериментальные точки лежат близко к расчетной кривой, несколько отклоняясь от нее при низких плотностях [6, 7]. Моделью композита с взаимопроницаемыми компонентами является сухой тяжелый бетон, поры которого запол-

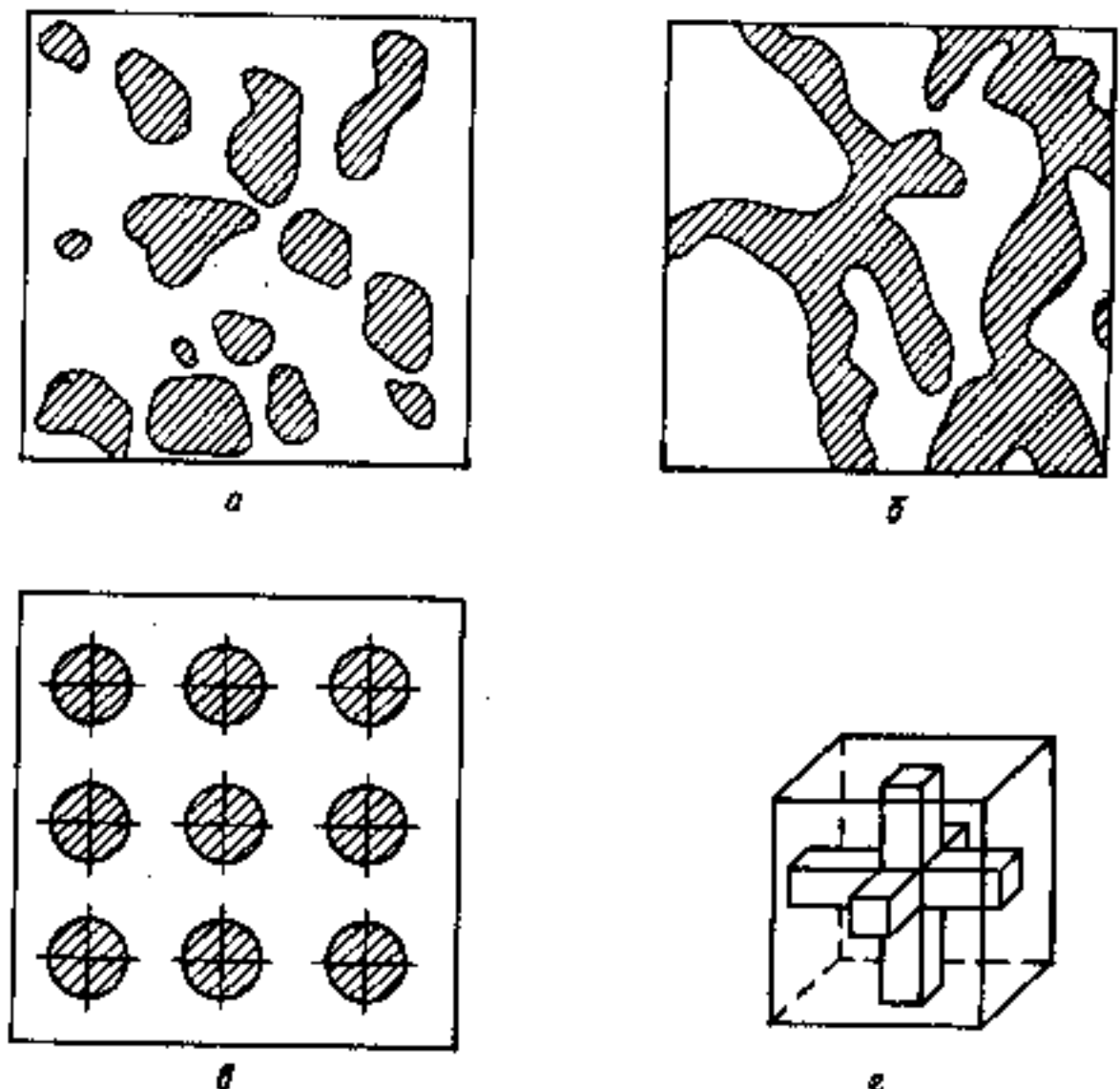


Рис. 1. Гетерогенные системы с различной структурой и их модели  
а, б — с включениями одного материала в другом; в, г — с взаимопроницаемыми компонентами

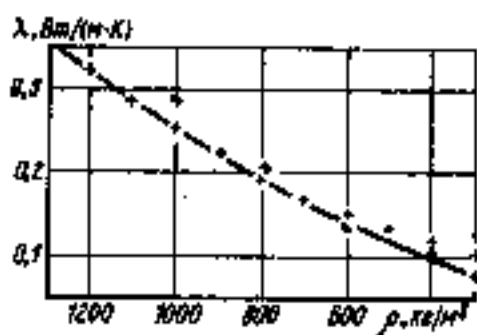


Рис. 2. Зависимость теплопроводности сухого пенобетона от его средней плотности: + — экспериментальные точки, найденные по таблицам А. У. Франчука [7]; \* — экспериментальные точки, найденные по методике СНиП П-3-79\*\* [6]; — — расчетная кривая, построенная на основе решения выражения [1]

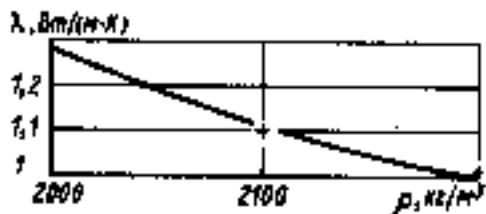


Рис. 3. Зависимость теплопроводности сухого тяжелого бетона от его средней плотности: + — экспериментальные точки (см. рис. 2); — — расчетная кривая, построенная на основе решения выражения (2) — (4)

пены воздухом (второй компонент) — рис. 3. Из сравнения расчетных и экспериментальных значений теплопроводности сухих строительных материалов можно заметить, что формулы (1) — (4) дают вычисленные значения, близкие к экспериментальным.

Для расчета теплопроводности влажных материалов использованы те же выражения — (1) — (4). При этом учитывалось, что: а) часть объема пор занято водой; б) часть воды при отрицательных температурах может перейти в лед с увеличением объема и, следовательно, теплопроводности.

Влажные материалы рассматривали как трехкомпонентные, состоящие из материала основного вещества, фаз, газовой и жидкой. Поэтому выражения (1) — (4) применяли последовательно, сводя сложную систему к нескольким двухкомпонентным.

Сначала определяют теплопроводность сухого материала с пористостью, уменьшенной на объем, занимаемый водой. Вода, вероятнее всего, будет занимать связанные между собой капиллярные поры. Поэтому здесь можно применять выражения (2) — (4) для материалов с взаимопроникающими компонентами. Поскольку  $\lambda_1$  из выражений (2) — (4) явно выразить нельзя, для его вычисления прибегли к одному из численных методов. На

втором этапе рассчитываем теплопроводность влажного материала по тем же формулам — (2) — (4), принимая за первую составляющую сухой материал с уменьшенной пористостью, а за вторую — воду и лед.

В качестве примера взяты пенобетон со средней плотностью  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  и блоки из асбестоцементных отходов плотностью  $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$ . Определяли теплопроводность этих материалов по описанной методике в зависимости от их влажности при температурах  $t = +20^\circ\text{C}$  и  $t = -20^\circ\text{C}$ .

Будем считать, что при температуре  $t = -20^\circ\text{C}$  основная часть капиллярной воды замерзнет. Сравнив расчетные и экспериментальные значения теплопроводности влажных материалов (рис. 4, 5) замечаем, что экспериментальные значения, определенные в наших опытах и взятые из таблиц А. У. Франчука [7], довольно близки к расчетным. Точки, взятые по рекомендациям СНиП П-3-79\*\*, лежат между кривыми для положительных и отрицательных температур.

Рассмотрим подробнее теплопроводность материалов в однослойной наружной ограждающей конструкции при отрицательной температу-

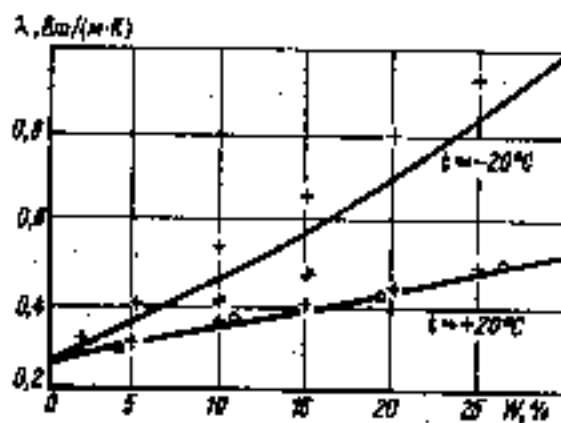


Рис. 4. Зависимость теплопроводности пенобетона со средней плотностью  $1000 \text{ кг/м}^3$  от влажности

+ — экспериментальные точки (см. рис. 2); O — экспериментальные точки по данным авторов; \* — экспериментальные точки (см. рис. 2); — — расчетные кривые

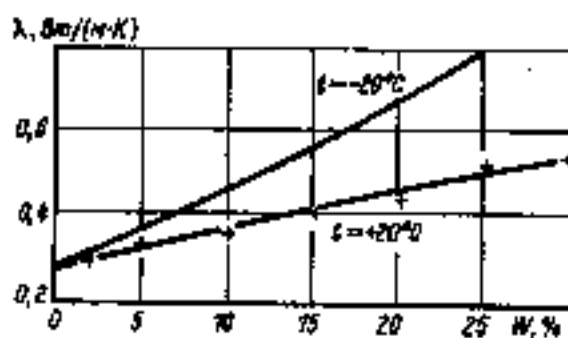


Рис. 5. Зависимость теплопроводности блоков из асбестоцементных отходов плотностью  $1600 \text{ кг/м}^3$  от влажности:

+ — экспериментальные точки по данным авторов; — — расчетные кривые

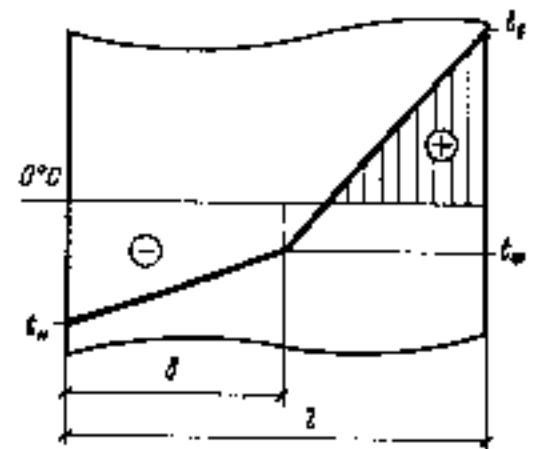


Рис. 6. Распределение температур в однородном слое влажной ограждающей конструкции

ре наружного воздуха. При отрицательных температурах в лед переходит лишь часть воды в слое ограждающей конструкции, который находится с наружной стороны. Температура в талой и мерзлой зонах стены изменяется по закону, близкому к линейному [4], причем, большая часть капиллярной воды замерзает в довольно узком интервале температур (у различных материалов от  $-1^\circ\text{C}$  до  $-5^\circ\text{C}$ ), соответствующем первому скачку на dilatометрической кривой «относительная деформация — температура» ( $\epsilon - t$ ), т. е. с понижением температуры до  $-25 \dots -40^\circ\text{C}$  количество незамерзшей воды практически не меняется [1, 3]. Поэтому распределение температур в материале однородного слоя ограждающей конструкции можно представить в виде ломанной кривой (рис. 6). В этом случае, в условиях стационарной теплопередачи, можно записать уравнение для определения границы талой и мерзлой зон:

$$\lambda_m (t_\phi - t_n) / \delta - \lambda_t (t_n - t_\phi) / (l - \delta) = 0, \quad (5)$$

где  $\lambda_m$  — теплопроводность мерзлого материала,  $\text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$ ;  $\lambda_t$  — теплопроводность талого материала, определяемая расчетом по изложенной выше методике для влажных материалов,  $\text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$ ;  $t_\phi$  — температура, соответствующая точке замерзания влаги в данном материале, определяемая по dilatометрической кривой —  $\epsilon - t$ ,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_n, t_\phi$  — температуры на наружной и внутренней соответственно поверхностях однородного слоя ограждающей конструкции,  $^\circ\text{C}$ ;  $l$  — толщина однородного слоя ограждающей конструкции, м;  $\delta$  — толщина мерзлого слоя, м.

При расчете теплопроводности мерзлого материала  $\lambda_m$  последний следует рассматривать как четырехкомпонентный, состоящий из основного вещества, воздуха, воды



и льда. Имея показатели влажности и льдистости материала при данной влажности и данном интервале температур, можно рассчитать теплопроводность мерзлой зоны  $\lambda_m$  по выражениям (1) — (4) последовательно в три этапа. Затем, определив из формулы (5) толщину мерзлой зоны  $\delta$ , рассчитаем термическое сопротивление слоя ограждающей конструкции по методике СНиП II-3-79\*\* «Строительная теплотехника» (пп. 2.5—2.8), как двухслойной с теплопроводностью  $\lambda_1$  и  $\lambda_m$ .

При температурах минус 40 — минус 50 °С, как показывают dilatометрические исследования [1], замораживает вода в более мелких порах (второй скачок на кривой  $\epsilon - t$ ). В этом случае приходится рассматривать однородный слой ограждающей конструкции как трехслойный. Третьим будет слой, температура которого ниже температуры замораживания воды в более мелких порах для данного материала. Теплопроводность и термическое сопротивление рассчитываются аналогично предыдущему случаю.

Таким образом, разработан метод прогнозирования теплопроводности сухих и влажных строительных композитов, учитывающий структуру материала, теплопроводность основного вещества, его пористость и влажность, позволяющий учитывать замерзание части воды в порах материалов ограждающих конструкций. Предложенный метод даст надежные результаты для композитов, у которых конвективный и лучистый теплообмен незначительны.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горчаков Г. И., Дифанов И. И., Терехин Л. Н. Коэффициенты температурного расширения и температурные деформации строительных материалов. — М.: Изд. Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при СМ СССР, 1968.
2. Дульнев Г. Н., Заричняк Ю. П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Справочная книга. Л.: Энергия, 1974.
3. Лягвинюва Т. А. Фазовый состав воды строительных материалов при отрицательных температурах. Научные труды НИИСФ. Вып. II, Теплофизика. М.: 1967.
4. Мельникова И. С., Майорова Т. И. Увлажнение некоторых строительных материалов во влажной среде. Науч. труды НИИСФ. Вып. II, Теплофизика. — М.: 1967.
5. Оделевский В. И. Расчет обобщенной проводимости гетерогенных систем. — ЖТФ. Т. 1951. 21. Вып. 6.
6. СНиП II-3-79\*\* «Строительная теплотехника». — М.: Стройиздат, 1986.
7. Фрайчук А. У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов. Изд. 2-е. М.—Л.: Госстройиздат, 1969.

# УралНИИСтромпроект

## предлагает МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ ГИПСОБЕТОН ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

На основе строительного гипса и промышленных отходов (шлаков, зол, пыли электрофильтров) разработаны смешанные вяжущие с улучшенными физико-химическими характеристиками.

*Прочность вяжущих — до 30 МПа.*

*Коэффициент водостойкости — до 1.*

Разработаны составы мелкозернистого гипсобетона марок 50—200 с использованием недефицитных заполнителей. Бетон отличается высокой скоростью набора прочности и не требует тепловлажностной обработки.

*Морозостойкость гипсобетона — 25 циклов.*

*Коэффициент теплопроводности — 0,23—0,29 ккал/м·ч·°С.*

Для строительства зданий монолитным способом подобраны эффективные замедлители сроков схватывания гипсобетона.

#### У СЛУГИ:

- подбор и испытание материалов;
- передача технологических регламентов;
- проектные и конструкторские работы;
- помощь в освоении производства.

УралНИИСтромпроект:

454047, г. Челябинск, ул. Сталеваров, 5,

ОПНТИ.

Телефон: 22-87-48;  
телетайп: 124162 ПРИЗ;  
телефакс: 22-87-48.

**СТРОЙИЗДАТ ВЫПУСКАЕТ НАУЧНУЮ, НАУЧНО-ПОПУЛЯРНУЮ, ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКУЮ ЛИТЕРАТУРУ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ, ТЕХНИКОВ И РАБОЧИХ, УЧЕБНУЮ ЛИТЕРАТУРУ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ, УЧАЩИХСЯ ТЕХНИКУМОВ, ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ УЧИЛИЩ, СПРАВОЧНИКИ.**

**В ЖУРНАЛЕ ПУБЛИКУЮТСЯ АННОТАЦИИ  
НА ИЗДАНИЯ ИЗ ПЛАНА 1992 Г.**

**15. Тотурбиев Б. Д. Бесцементные строительные материалы для малоэтажного строительства.**— М.: Стройиздат, 1992 (II кв.).— 16 л.— (Наука — строит. пр-ву).— ISBN 5-274-01909-9; 6 р.

Рассмотрена проблема перехода на энергосберегающую технологию строительных материалов путем замены цемента на новые виды бесцементных вяжущих. Приведены результаты исследований получения бесцементных эффективных строительных материалов с заданными эксплуатационными свойствами для малоэтажного строительства при минимизации материальных и топливно-энергетических затрат. Для научных и инженерно-технических работников стройиндустрии, полезно также для индивидуальных застройщиков.

**52. Наназашвили И. Х., Нгуен Ван Тхинь. Строительные материалы из отходов древесины и растительного сырья.**— М.: Стройиздат, 1992 (IV кв.).— 28 л.; ил.— ISBN 5-274-01349-X; 7 р. 40 к., 10000 экз.

В книге рассматриваются новые аспекты совершенствования технологии древесно-цементных технологий композитов на основе отходов лесодеревообработки, сельскохозяйственного производства, а также дикорастущих целлюлозосодержащих растений (древесины, костра льна, конопли, джута, сачки хлопчатника, камыша, бамбука, рисовой соломы, шелухи, волокон кокоса и др.). Рассмотрены научные основы структурообразования и специфической адгезии «древесина — цементный камень». Приведена экономическая эффективность их применения в индивидуальном и массовом строительстве.

Для научных и инженерно-технических работников научно-исследовательских организаций и предприятий строительной индустрии.

**57. Сычев Ю. И., Берлин Ю. Я. Абразивная обработка камня: Учеб. для проф.-техн. училищ.**— Л.: Стройиздат, 1992 (II кв.).— 21 л.; ил.— ISBN 5-274-00922-0; 1 р. 90 к., 7000 экз.

Рассмотрены общие вопросы обработки камня, включая охрану труда и природы на камнеобрабатывающих предприятиях. Изложены сведения о современном камнеобрабатывающем оборудовании, работе инструмента и рациональной технологии обработки камня. Особое внимание уделено предупреждению брака и повышению качества облицовочных плит и архитектурно-строительных изделий из природного камня.

Для учащихся профессионально-технических училищ.

**58. Баженов Ю. М., Комар А. Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. Учеб. для вузов.**— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Стройиздат, 1992 (III кв.).— 36 л.; ил.— ISBN 5-274-00977-2; 5 р. 20 к., 20000 экз.

Рассмотрены структура и свойства бетонов различных видов, приведены их классификация, основные зависимости, определяющие влияние качества сырья, состава и способа изготовления на свойства бетонных и железобетонных изделий. Даны сведения о физико-химических процессах, происходящих при формировании структуры бетона, показаны возможности математических методов для прогнозирования свойств и контроля качества бетона.

Рассмотрены вопросы технологии бетонных и железобетонных изделий. Изд. 1-е вышло в 1984 г. Изд. 2-е переработано и дополнено сведениями о технологии бетона и сборного железобетона с применением новых вяжущих (ВНВ, ТМЦ и др.), новых химических модификаций бетона, а также ресурсосберегающих технологиях и производстве изделий для малоэтажного индивидуального строительства.

Для студентов строительных вузов, обучающихся по специальности «Производство строительных изделий и конструкций».

**59. Орентлихер Л. П., Логанина В. И. Защитно-декоративные покрытия бетонных и каменных стен: Справ. пособие.**— М.: Стройиздат, 1992 (II кв.).— 18 л.; ил.— ISBN 5-274-01913-7; 5 р. 40 к., 10000 экз.

Рассмотрены факторы, влияющие на эксплуатационные свойства защитно-декоративных покрытий бетонных и каменных ограждающих конструкций. Даны рекомендации по повышению надежности и долговечности защитно-декоративных покрытий наружных ограждений зданий и сооружений.

Для инженерно-технических работников промышленности строительных материалов, полезно индивидуальным застройщикам.

**60. Серых Р. Л., Волков Ю. С., Агаджанов В. И. Железобетонные конструкции и ресурсосберегающая технология: Каталог.**— М.: Стройиздат, 1992 (II кв.).— 26 л.; ил.— ISBN 5-274-01393-7; 6 р., 10000 экз.

Отражены научно-технические разработки по технологии бетонов: тяжелых, легких, на пористых заполнителях, ячеистых, фибробетона, полимербетона, на основе напрягающего цемента, специальных и новых видов арматуры. Рассмотрены усовершенствованные конструкции гражданских, промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений, эффективные ресурсосберегающие технологии их производства. Приведены разработки по повышению долговечности бетонных и железобетонных конструкций в различных средах и способы их ремонта и усиления.

Для инженерно-технических работников предприятий стройиндустрии и проектных организаций.

## СПИСОК МАГАЗИНОВ — ОПОРНЫХ ПУНКТОВ СТРОЙИЗДАТА

<b>Ашхабад</b>	744000, ул. Ф. Энгельса, д. 32, магазин № 1 «Техническая книга»
<b>В а д и м и р</b>	600017, ул. Горького, 44, магазин № 4
<b>Донецк</b>	340055, ул. Артема, 125, магазин № 50 «Техническая книга»
<b>Ереван</b>	375009, ул. Кирова, 8, магазин № 16
<b>Казань</b>	420084, ул. Куйбышева, 3, магазин № 13 «Научно-техническая книга»
<b>Киев</b>	252005, ул. Красноармейская, 51, магазин № 16 «Техническая книга»
<b>Минск</b>	220115, ул. Кожанова, 66, магазин № 51
<b>Москва</b>	117334, Ленинский пр., 40, магазин № 115 «Дом научно-технической книги»
<b>Рига</b>	226253, бул. Падомью, 24, Центральный книжный магазин
<b>Санкт-Петербург</b>	195027, Большеохтинский пр., 1, магазин № 19 «Дом строительной книги»
<b>Ташкент</b>	700100, ул. Руставели, 43, магазин № 21 «Техническая книга»
<b>Тверь</b>	170000, Тверской пр., 17/6, магазин № 14 «Техническая книга»
<b>Уфа</b>	450025, ул. 50-летия СССР, 12, магазин № 7
<b>Бишкек</b>	720000 ул. Советская, 125, магазин № 11 «Научно-техническая книга»