

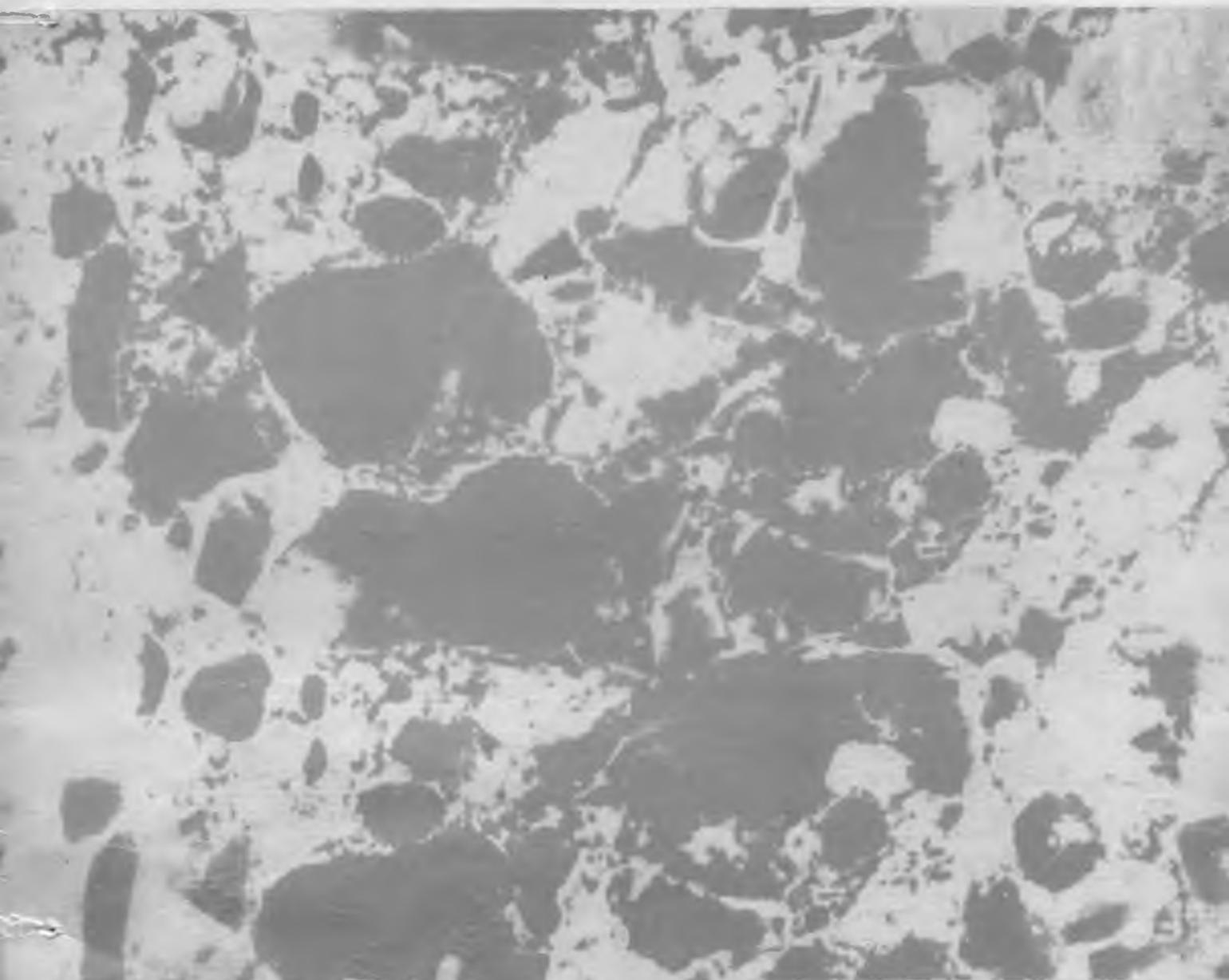
ISSN 0005-9889

# БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

**10**  

---

**1993**



# ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОЙИНДУСТРИИ!

**Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) готов выполнить следующие работы:**

● **восстановить в неограниченном количестве любые изношенные медные электроды контактных машин для точечной сварки арматуры посредством специальной износостойкой наплавки, а также отдельные детали этих машин — электрододержатели, токоподводы и т. п. Благодаря такой наплавке стойкость электродов при сварке проволочной арматуры диаметром 3...6 мм возрастет до 20 раз, при сварке стержневой арматуры диаметром 8...40 мм — в 5...6 раз.**

● **передать рекомендации по дуговой резке стержневой напрягаемой арматуры с помощью новых высокопроизводительных электродов марки ОЗР-2 и обеспечить их поставку в требуемом объеме.**

Их применение взамен электродов сварочных модификаций характеризуется снижением расхода электродов, уменьшением потребления электроэнергии, а также повышением производительности резки.

● **изготовить и поставить высокопроизводительные устройства для сварки под флюсом закладных стержней в гражданском строительстве.**

Производительность — 400  
кернов — 8...14 мм.

● **поставить новый сварочный аппарат с увеличением производительности на 15...20 % металлоемкости : гражданского строительства за единицу объема элемента.**

Для анкеров диаметром 10 мм  
использования листового металла.

Заявки на выполнение  
109428, Москва, 2-я Института  
Телефоны для связи



## СОДЕРЖАНИЕ

### Мелкозернистые бетоны

Мелкозернистые бетоны и их применение в строительстве . . . . .	2
<i>Львович К. И.</i> Повышение прочности песчаных бетонов введением воздуховолокающей добавки . . . . .	4
<i>Бромберг Б. А., Филимонова Н. В.</i> Производство изделий из песчаного бетона . . . . .	7
<i>Шейнин А. М., Якобсон М. Я.</i> Высокопрочные мелкозернистые бетоны с суперпластификатором С-3 для дорожного строительства . . . . .	8
<i>Кузин В. Н., Королев К. М., Шклярова А. И.</i> Технология и оборудование для производства мелкоштучных изделий из мелкозернистого бетона . . . . .	11
<i>Чистов Ю. Д.</i> Концепция создания неавтоклавных бетонов на основе пылевидных песков . . . . .	14
<i>Миронков Б. А., Стерин В. С.</i> Мелкозернистый бетон в гражданском строительстве Санкт-Петербурга . . . . .	16
<i>Львович К. И.</i> Вибропрессованная цементно-песчаная черепица . . . . .	21
<i>Марчуков М. Н.</i> Мелкозернистые бетоны, укладываемые методом "мокрого" торкретирования . . . . .	24

### Теория

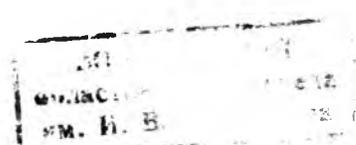
<i>Скороботатов С. М.</i> Основы теории катастроф для расчета крупноразмерных конструкций . . . . .	26
---	----

### Информация

<i>Забегаетов А. В., Залесов А. С., Крылов Б. А., Мадатян С. А., Маркаров Н. А., Михайлов К. В., Мурашкин Г. В., Серых Р. Л., Волков Ю. С., Габрусенко В. В., Денисов Г. А., Крамарь В. Г., Мамедов Т. И., Спрыгин Г. М.</i> Ассоциация "Железобетон" . . . . .	28
---	----



МОСКВА  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛИТЕРАТУРЫ  
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ



© Стройиздат, журнал "Бетон и железобетон" 1993

## Мелкозернистые бетоны и их применение в строительстве

Москва и область, левобережная Украина, Донбасс и Поволжье, Вологодская и Тюменская области, практически вся европейская территория России (кроме Карелии, Архангельской, Мурманской и Воронежской областей) либо вообще не имеют месторождений крупного заполнителя, либо это месторождения слабых осадочных пород, ограниченно пригодных для производства железобетона.

Добыча камня и переработка его на щебень требуют больших затрат электроэнергии и рабочей силы. Перевозка щебня, потребность которого для производства бетонных и железобетонных изделий свыше 200 млн. м<sup>3</sup>, составляет около 10 млрд. ткм в год.

Существен и экологический аспект проблемы использования щебня: его добыча уже привела к необратимым климатическим последствиям на Северном Кавказе, в Поволжье, Карелии. Гораздо проще обеспечить стройки и заводы сборного железобетона песком, который является, как правило, местным строительным материалом. Стоимость изделий из песчаного бетона, и, в первую очередь, для тех районов, где нет месторождений щебня, может быть значительно ниже.

Применение песчаного бетона не только повышает экономическую эффективность строительства, но и обеспечивает другие преимущества: упрощается технологическая схема приготовления бетонной смеси, так как отпадает необходимость в организации складского и сортировочного отделений для приемки, переработки и складирования щебня, уменьшается потребность в электроэнергии и трудозатратах. В отдельных случаях песчаный бетон имеет более высокие физико-механические характеристики и долговечность, что позволяет снизить материалоемкость конструкций и повысить их эксплуатационную надежность. Возможно также использование технологических приемов и составов, неприемлемых для крупнозернистых бетонов: роликковое формирование, комплексное цементно-песчаное вяжущее, тощие конструктивные бетоны.

Выполненные в течение последних лет исследования позволили уточнить основные прочностные и деформативные характеристики песчаных бетонов, в том числе и длительные деформации (усадку, линейную и нелинейную ползучесть), а также характеристики, определяющие совместную работу бетона с арматурой (длину зоны анкеровки, шаг и ширину раскрытия трещин и др.). Установлено, что в основном эти характеристики зависят от технологии изготовления песчаных бетонов и, в первую очередь, от удобоукладываемости смесей.

Предложена новая схема классификации материала. В отличие от СНиП 2.01.03-84, предусматривающего разделение мелкозернистых бетонов на три группы в зависимости от модуля крупности песка-заполнителя и способа термообработки (тепловая обработка в камерах и автоклавах), предложенная классификация устанавливает зависимость свойств бетона от технологии изготов-

ления материала (подготовки вяжущего, перемешивания, уплотнения), способов формирования конструкций. Основные свойства бетона, установленные в зависимости от технологии изготовления материала по группам, были затем приведены к виду, приемлемому для использования в СНиПе.

Исследование длительных деформаций показало, что если мера ползучести достаточно точно нормирована СНиПом, то в определении деформаций усадки допущена ошибка в сторону занижения, иногда очень значительного. Составлены формулы, позволяющие установить характеристики длительных деформаций в зависимости от состава бетона.

Разработана методика расчета для решения двух задач: выбора наилучшего песка из имеющихся в регионе и схемы классификации песка для получения оптимального фракционного состава. Результаты исследований представлены формулами и номограммами, позволяющими в зависимости от класса бетона и жесткости смесей установить требуемый фракционный состав при расходе песка по стандартным ситам. При этом за критерий оптимизации принят расход вяжущего. Использование фракционированного песка позволяет сократить расход вяжущего на 80...140 кг/м<sup>3</sup>.

Разработаны новые способы проектирования состава песчаных бетонов. Отсутствие в составе цементно-песчаной смеси щебня позволило разработать способ, имеющий характер алгоритма, поскольку число уравнений (зависимость Болломея, уравнение абсолютных объемов и закон постоянства водосодержания) оказалось равным числу неизвестных (расхода цемента, песка и воды). Подбор состава по этому методу представляет собой набор формализованных операций, позволяющий в результате последовательно выполняемых действий получить оптимальный результат. Кроме того, он предполагает однократное испытание образцов на прочность и использование смесей, удобоукладываемость которых наилучшим образом соответствует возможностям формирующего агрегата.

Известно, что наиболее серьезным препятствием для широкого внедрения мелкозернистого бетона является повышенный до 40 % расход цемента по сравнению с равнопрочными крупнозернистыми бетонами, изготавливаемыми из смесей с одинаковой удобоукладываемостью.

Систематизированы существующие приемы экономии цемента, базирующиеся на использовании особо- и сверхжестких смесей, комплексных химических добавок, микрозаполнителей, и разработаны новые с применением тощих смесей, смешанных и фракционированных песков, с использованием бетонов пониженных классов и другие, позволяющие довести расход цемента до нормируемого СНиП 5.01.28-83 для крупнозернистых бетонов.

Результаты исследовательских работ и практика применения подтвердили эффективность ис-

пользования зол ТЭЦ в мелкозернистых бетонах: на 20...25 % сокращается расход цемента по сравнению с бетонами, единственным заполнителем в которых является природный песок.

В настоящее время в промышленности сборного железобетона определились два основных направления изготовления конструкций из мелкозернистого бетона — формование изделий из особо жестких смесей методами интенсивного уплотнения (вибропрессование, роликное формование, пресс-прокат) и из малоподвижных смесей на стандартных виброплощадках с пригрузом до 40 г/см<sup>2</sup> или без него.

Большинство мелкоштучных изделий из мелкозернистых бетонов для дорожного строительства, инженерных сетей, промышленного и жилищного строительства изготавливают в России, СНГ и странах Балтии на автоматизированных линиях и установках, оснащенных вибропрессами, суммарная мощность которых составляет свыше 150 тыс. м<sup>3</sup> изделий в год. Созданные впервые в России в быш. Главмоспромстройматериалах технология и оборудование для производства изделий из песчаного бетона предусматривают применение особо жестких цементно-песчаных смесей с В/Ц = 0,28...0,33, уплотняемых методом объемного вибропрессования, что обеспечивает высокие прочностные характеристики материала, морозостойкость и долговечность изделий. Комплексная проверка показала, что дорожные изделия из мелкозернистого бетона после 12 лет эксплуатации не имеют следов разрушения, тогда как срок службы аналогичных изделий из тяжелого крупнозернистого бетона не превышала 3 лет.

Разработана модификация вибропрессующего оборудования с площадью формования 0,04...2 м<sup>2</sup> и широким набором формообразующей оснастки, а также вспомогательное оборудование — переключики, штабелеры, конвейеры, кантователи, которые в сочетании с системами автоматического управления позволяют компоновать различные по производительности технологические линии.

На ряде предприятий, в первую очередь московских, организовано массовое производство сборных элементов для дорожного строительства — бортовых камней, тротуарных плит, элементов мощения, плит для покрытий трамвайных путей, изготавливаемых из песчаного бетона методом вибропрессования. Объем производства в Москве и области — около 80 тыс. м<sup>3</sup> изделий в год.

Отечественная промышленность выпускает также плиты полов прозданий, плиты для защиты электрокабелей, опорные подушки трубопроводов, шахтную крепь и др.

Все более широко развивается изготовление из песчаного бетона изделий для коттеджного строительства: фундаментных блоков и перегородок, элементов благоустройства, а в последнее время стеновых блоков и черепицы.

В результате систематических исследований технологии производства черепицы созданы технологические линии, основанные на разных принципах формования — пресс-прокате, вибропрессовании, литевой технологии, а также новые конструктивные формы черепицы. На вибропрессующем отечественном и зарубежном оборудовании (от 1 до 5 изделий одновременно) налажено широкое производство стеновых блоков из мелкозернистого бетона: песчаного, на основе зол ТЭЦ, а также эффективных по теплотехническим свойствам щелевых и сотовых.

Выпускаются также блоки из пенопесчаного бетона, пеноцемента безавтоклавного твердения по литевой технологии. Широко распространены агрегаты для формования изделий на полу цеха.

Изготавливаются блоки различной модификации, в том числе с высокими теплозащитными свойствами на основе зол, шлаков, арболита.

В настоящее время подготовлена база для коттеджного строительства, где все элементы от подвала до кровли, включая благоустройство территории, выполнены из песчаного бетона.

Разработаны технология, оборудование и организовано производство изделий из мелкозернистого, главным образом песчаного бетона роликным формованием: кольца горловин колодцев, тротуарные и дорожные плиты.

На Московском заводе ЖБИ № 15 методом роликного формования из особо жестких цементно-песчаных смесей выпускают кольца колодезных горловин. Использование таких смесей обеспечивает немедленную распалубку и сокращенный режим тепловлажностной обработки. На том же заводе методом вибропрессования выпускают плиты для покрытий трамвайных путей (новой конструкции, без арматуры и петель), что позволило заводу резко повысить эффективность производства.

Исследовательские работы в области вибропрессования ведутся, главным образом, по совершенствованию агрегатов для формования, а также по расширению номенклатуры изделий, изготавливаемых вибропрессованием. Сюда относятся крупноразмерные неармированные изделия (блоки стен подвалов), железобетонные, тонкостенные сложной конфигурации (волнистые, ребристые).

Обширные исследовательские работы показали возможность и целесообразность использования песчаного бетона в конструкциях, изготавливаемых по традиционной технологии с уплотнением цементно-песчаных смесей на стандартном оборудовании практически без перестройки технологического процесса. Номенклатура изделий, выпускаемых отечественной промышленностью сборного железобетона, включает дорожные плиты, плиты для ленточных фундаментов, блоки стен подвалов, перегородки, многопустотные панели перекрытий длиной до 6 м, плиты крепления откосов, плиты ограждения каналов, сваи, ограждения лоджий, детали оград, панели стен жесткости, безнапорные трубы со стальным сердечником, ступени, вентиляционные люки и др.

Так, на Московском заводе ЖБИ № 11 выпускались дорожные плиты размером 3×1,75 м из песчаного бетона класса В20 вместо ранее изготавливаемых на той же линии плит из крупнозернистого бетона класса В22,5. Несмотря на снижение класса бетона, плиты соответствовали требованиям по несущей способности благодаря повышенным прочностным показателям песчаного бетона и меньшему модулю упругости. Цементно-песчаные смеси с О.К. = 1,5...2 см формовали на виброплощадках практически без изменения технологического процесса и увеличения расхода цемента. Опытная эксплуатация этих плит в течение 5 лет подтвердила их высокое качество.

Целесообразно использовать песчаный бетон в трехслойных панелях (несущий и защитный слой из песчаного бетона, плитный утеплитель из пенополистирола, соединение на гибких связях) вместо однослойных керамзитобетонных. На Московском заводе ЖБИ № 20 выпускают наружные трехслойные панели указанной конструкции для встроенно-пристроенных магазинов, овощных баз, протенки прозданий и др.

Перспективно изготавливать из песчаного бетона изделия, для которых расход цемента назначен исходя из требований регламентированной морозостойкости. Так, для обеспечения F75 в блоках стен подвалов в условиях Москвы расход цемента

составляет 295 кг/м<sup>3</sup>. При таком количестве вяжущего практически без изменения технологического процесса можно выпускать блоки стен подвалов требуемой прочности (В7,5), используя в качестве единственного заполнителя песок с  $M_k > 2$ . Требуемая морозостойкость в этих изделиях обеспечивается без дополнительных мероприятий.

Накопленный опыт изготовления многочисленных изделий и конструкций из песчаного бетона для жилищного, промышленного и дорожного строительства показывает, что для подавляющего большинства регионов России экономически выгодна даже простая замена крупного заполнителя песком. Однако более целесообразно перепроектировать конструкции с учетом свойств мелкозернистых бетонов, технологии их приготовления, использования эффективных методов уплотнения, термообработки и др.

Перспективной областью применения песчаного бетона является облицовка цоколей жилых и общественных зданий, подпорных стенок, парапетов, стен подземных переходов и других сооружений. Мелкозернистая структура песчаного бетона достаточно декоративна и плиты с колотой, шлифованной и бугристой формованной поверхностью ("под шубу") близки по фактуре к природному камню.

Разработан и изготовлен комплекс оборудова-

ния (вибропресс со специальной формообразующей оснасткой, пресс для раскалывания заготовок на плиты с набором концентратов), с помощью которого можно организовать выпуск широкой номенклатуры облицовочных плит различных типоразмеров, цвета и фактуры.

В качестве перспективных следует указать следующие направления исследований в области мелкозернистых бетонов: сокращение расхода цемента; использование мелких, в том числе и загрязненных песков; изучение поведения конструкций при сложных силовых воздействиях, в том числе динамических, ударных, на продавливание; разработка технологий, учитывающих особенности материала, в том числе инъекционной, ударной, литьевой при перекачке смеси насосами, роликовый прокат, пресс-прокат, мокрый торкрет; разработка перспективной номенклатуры конструкций, в том числе рабочих чертежей и дополнений к стандартам на изделия из крупнозернистых бетонов; расширение работы по использованию мелкозернистого бетона в качестве отделочных материалов.

Принимая во внимание постоянный рост стоимости энергоресурсов, использование мелкозернистого бетона в большинстве случаев экономически целесообразно, а в некоторых регионах позволяет на 20...40 % снизить себестоимость продукции.

УДК 691.327.666.9-128.539.4

К. И. ЛЬВОВИЧ, канд. техн. наук  
(МНИПТИ "Стройиндустрия")

## Повышение прочности песчаных бетонов введением воздухововлекающей добавки

Расширение области применения песчаных бетонов В7...В15, изготавливаемых из жестких и особо жестких смесей, делает рациональным использование составов, в которых цементного теста не хватает для заполнения с избытком межзернового пространства песка.

Целесообразность использования тощих цементно-песчаных смесей определяется низкими расходами цемента. Тощие песчаные структуры обладают рядом особенностей, связанных со снижением их однородности. Как известно, для достижения постоянной вероятности появления прочности, равной нормативным сопротивлениям, т. е. их постоянной обеспеченности, необходимо при увеличении коэффициента вариации назначать более высокую среднюю прочность бетона. Поскольку для большинства конструкций прочностью бетона является определяющим фактором несущей способности, то компенсацией снижения однородности является

увеличение прочности, т. е., как правило, повышение расхода цемента. Положение усугубляется тем, что контроль прочности обычно проводится с использованием образцов-кубов, неоднородность которых больше, чем в массиве.

Косвенным подтверждением повышения неоднородности являются нетрадиционная форма разрушения образцов-кубов из тощих песчаных бетонов и более высокий коэффициент вариации при их испытании, причем тем больший, чем меньше размер образца. Это объясняется, в первую очередь, структурной пористостью, т. е. наличием незаполненных цементным тестом промежутков между частицами заполнителя, неравномерно распределенных в объеме образца. При стихийном распределении пор возможна их концентрация в зоне главных растягивающих напряжений, т. е. снижение разрушающего усилия при испытании.

Для повышения однородности материала предлагается использовать воздухововлекающую добавку, введение которой позволяет перевести беспорядочно расположенные макропоры, вызванные нехваткой цементного теста, в поры воздухововлечения, расположенные равномерно по объему изделия.

Для проверки этой гипотезы проводили микроскопические исследования низкомарочных песчаных бетонов на свежих сколах образцов месячного возраста. Определяли микроструктуру бетона, морфологию, характер распределения пор и цементного камня, а также его взаимосвязь с заполнителем.

Установлено, что введение оптимального количества воздухововлекающей добавки в тощие цементно-песчаные смеси не увеличивает объем вовлеченного воздуха, а лишь изменяет характер и структуру порового пространства.

В табл. 1 приведены данные микроскопического анализа образцов двух серий из песчаного бетона на песке Тучковского карьероуправления с  $M_k = 1,8$  состава Ц:П:В = 290:1700:190, в одну из которых введена воздухововлекающая добавка СДО.

Установлено, что в бетонах без добавки преобладают округлые крупные поры, заполнитель

Таблица 1

№ серий	Количество до- бавки, % массы цемента	Содер- жание пор в массе, %	Распределение пор, % по размерам, мм				
			0,7	0,7—0,5	0,5—0,3	0,3—0,1	< 0,1
1—2	—	12	7	14	45	32	2
1—2	0,4	12	0	8	17	50	25

Таблица 3

Количе- ство до- бавки, % массы цемента	Прочность бе- тона через 4 ч после ТВО, МПа	$K_d$
0	<u>21,5/7,6</u> 20,0/9,6	<u>—</u> 2,08
0,2	<u>27,5/15,0</u> 26,0/12,9	<u>1,83</u> 2,01
0,3	<u>32,3/16,3</u> 28,5/14,5	<u>1,98</u> 1,96
0,4	<u>28,1/14,3</u> 23,2/11,5	<u>1,96</u> 2,02
0,5	<u>20,1/13,0</u> 15,5/6,6	<u>1,55</u> 2,35

Таблица 2

Количество добавки, % массы цемента	Состав I		Состав II	
	$K_y$	R, МПа	$K_y$	R, МПа
0	0,930/0,950	4,5/7,2	0,950/0,930	13,0/6,7
0,1	0,930/0,950	6,5/8,7	0,950/0,930	14,6/8,7
0,2	0,930/0,950	8,0/9,7	0,950/0,930	15,8/10,6
0,3	0,930/0,950	8,9/10,2	0,950/0,930	16,4/12,2
0,4	0,928/0,945	8,6/9,8	0,950/0,930	17,5/13,2
0,5	0,916/0,938	7,3/9,2	0,942/0,918	16,6/13,0
0,6	0,909/0,931	5,0/8,1	0,935/0,901	15,6/12,0

Примечание. Перед чертой — серия 1, после черты — серия 2.

Примечания: 1. Над чертой при расходе воды 160, под чертой — 170 л/м<sup>3</sup>. 2. Перед чертой — при использовании смесителя-активатора, после черты — бетоносмесителя.

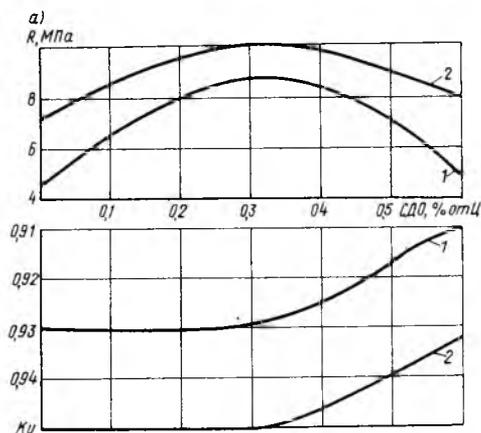
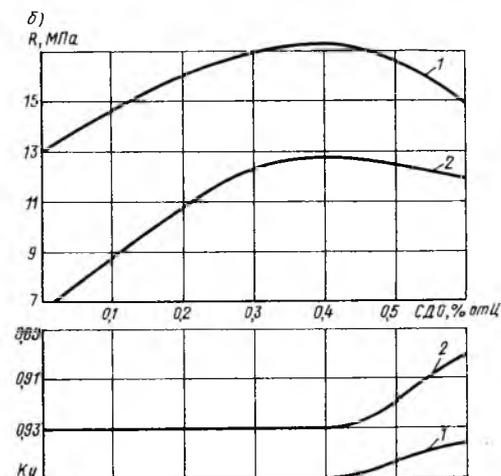


Рис. 1. Влияние воздуховлекающей добавки (ВДД) на прочность и  $K_y$  тощего песчаного бетона  
а — состав I; б — состав II;  
1, 2, — серии по табл. 3.



лишь частично оконтурен цементным камнем. В бетонах с добавкой основную массу составляют мелкие поры неправильной конфигурации; поры округлой формы представлены, главным образом, мелкими фракциями и играют подчиненную роль. Цементный камень оконтуривает зерна кварца и образует стенки пор. Толщина пленок цементного камня не более 20 мкм.

Таким образом, введение воздуховлекающей добавки приводит к изменению поровой структуры, повышению однородности бетона и, как следствие, его прочности.

Были изготовлены две серии образцов из песчаного бетона двух составов. В состав I включали 280 кг цемента, 1660 кг песка и 210 л воды на 1 м<sup>3</sup> сме-

си; в состав II — соответственно 290, 1700 и 190. Цементно-песчаные смеси выполнены на песках подмосковных карьеров: Тучковского (серия 1) и Вяземского  $M_k = 2,4$  (серия 2) с использованием добавки СДО.

Состав I класса В7,5 предназначен для изготовления блоков стен подвалов на виброплощадках, состав II класса В12,5 — для вибропрессованных блоков. В табл. 2 приведены данные испытаний образцов с разным объемом воздуховлечения. На рис. 1 данные табл. 2 представлены в графической форме. Из полученных результатов видно, что с увеличением объема вовлеченного воздуха коэффициент уплотнения сначала постоянен, после перестройки структуры поры "нехватки" переходят в поры воздуховле-

чения и коэффициент уплотнения уменьшается, за определенным пределом появляется избыточное воздуховлечение. С увеличением объема вовлеченного воздуха прочность растет, достигает максимума и падает. Экстремальный характер этой зависимости соответствует указанному выше стадиям воздуховлечения. Рост прочности в исследуемых составах с введением добавки может достигать 30 %.

Более значимые результаты получены для тощих цементно-песчаных смесей при использовании вместо бетоносмесителя принудительного перемешивающего смесителя-активатора.

Как известно, активация бетонных смесей происходит, главным образом, за счет моди-

фикации поверхностей составляющих смеси и увеличения уровня ее гомогенизации. В цементно-песчаных смесях, содержащих достаточное количество цементного теста, коэффициент активации обычно не превышает 1,3\*. В тощих цементно-песчаных смесях однородность приобретает решающее значение и интенсификация перемешивания позволяет получить более высокие приросты прочности.

Расход цемента в составе был равен 280 кг/м<sup>3</sup>. Исследовали смеси с различной удобоукладываемостью и расходом воздухововлекающей добавки. В табл. 3 приведены результаты экспериментов, оценивающих коэффициент активации. Установлено, что совместное использование смесителя-активатора и воздухововлекающей добавки позволяет получить прирост прочности в 3...4 раза.

Проведенные исследования были положены в основу способа подбора состава тощих песчаных бетонов, в том числе и с воздухововлекающими добавками.

Предлагается принять следующий порядок проектирования состава:

1. По табл. 4 назначаются ориентировочный расход воды (в л/м<sup>3</sup>) и условный коэффициент избытка цементного теста в зависимости от принятой технологии изготовления песчаного бетона, способа уплотнения смеси и крупности песка.

2. Экспериментально либо по рис. 2 определяется пустотность используемого песка  $P$ .

3. По формуле (1) определяется расход цементного теста при  $K_y = 0,91$

$$V_{ц.т} = 1000[P - (1 - K_y)] K_{изб} \quad (1)$$

4. Далее вычисляется расход цемента

$$V_c = (V_{ц.т} - B_1) \gamma_{ц} \quad (2)$$

5. Проводится пробное затворение для проверки совпадения принятого и полученного  $K_y$ . При их несовпадении в смесь добавляется (исключается) количество цементного теста, рассчитанное по формуле

\* Михайлов Н. В., Львович К. И., Яструбинский В. Л. Влияние состава и технологии приготовления песчаного бетона на его характеристики // Бетон и железобетон. - 1977. - № 10. - С. 15-17.

Характеристика	Технология А и Б				Технология В	
	Крупный песок		Мелкий песок		Крупный песок	Мелкий песок
	роликотное формование	вибропрессование	роликотное формование	вибропрессование		
$B_1$	140	150/170	150	160/180	210	210
$K_{изб}$	1,05	1,07/1,10	2,10	1,13/1,15	1,15	1,20

Примечание. Перед чертой — с удельным давлением 500 г/см<sup>2</sup>, после черты — 50 г/см<sup>2</sup>.

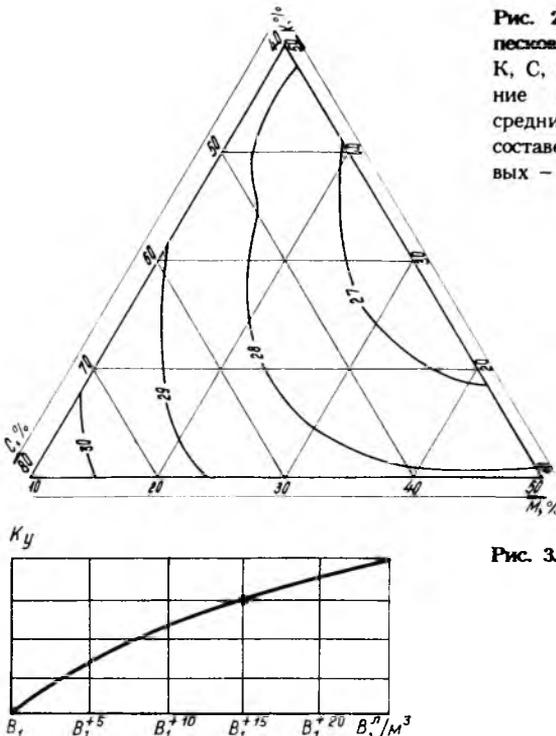


Рис. 2. Пустотность природных песков

$K, C, M$  — процентное содержание соответственно крупных, средних и мелких фракций в составе песка; цифры на кривых — пустотность песка в %

Рис. 3. Определение расхода воды

$$V_{ц.т} = (K_y^1 - K_y) 1000. \quad (3)$$

6. Проводится ряд затворений полученной цементно-песчаной смеси с увеличенным в каждом случае на 5 л/м<sup>3</sup> расходом воды. Строится график зависимости  $K_y = f(B)$  (рис. 3), который с достаточной для практических целей точностью можно представить в виде двух прямых, имеющих разные наклоны к оси абсцисс. Верхняя прямая показывает, что при добавлении 5 л воды в 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси коэффициент уплотнения увеличивается на 0,5 %. Это означает, что точка пересечения прямых указывает на количество воды, позволяющее обеспечить максимальную жесткость смеси, уплотняемую конкретным формулирующим агрегатом.

Проводятся новые серии затворения образцов из смесей с найденным количеством воды и разными расходами цемента. Для каждого образца определяется  $K_y$ . После твердения образцов проводятся их испытания на прочность, по результатам которых строится график зависимости прочности бетона от расхода цемента. По нему выбирается значение прочности, меньше требуемой на 15 и 30 %.

7. Для указанных трех составов строится зависимость  $K_y$  от количества воздухововлекающей добавки (см. рис. 1).

8. По данным испытаний образцов, составы которых соответствуют точке перегиба кривой, определяется состав, содержащий оптимальное количество воздухововлекающей добавки.

Таким образом, введение

воздухововлекающей добавки в тощие цементно-песчаные смеси позволяет повысить прочность песчаных бетонов низких классов, не увеличивая расхода цемента. Использование для перемешивания тощих смесей с воз-

духововлекающей добавкой смесителя-активатора дает дополнительный эффект повышения прочности, значительно превышающий суммарный эффект каждого фактора в отдельности. Разработан метод проектирова-

ния состава тощих песчаных бетонов, позволяющий определить оптимальное количество вводимой добавки в зависимости от вида песка и цемента, жесткости смеси и других факторов, определяющих класс бетона.

УДК 691.327.666.9-128

Б. А. БРОМБЕРГ, инж., Н. В. ФИЛИМОНОВА,  
канд. техн. наук (АО "Спецстройбетон")

## Производство изделий из песчаного бетона

Завод ЖБИ № 17, на базе которого создано АО "Спецстройбетон", начал свою деятельность еще в 20-е годы. Одним из важных этапов в истории развития предприятия явилось создание первого в стране промышленного комплекса по выпуску дорожных изделий из песчаного бетона.

Долгое время остро стояла проблема обеспечения долговечности дорожных изделий, подвергающихся в процессе эксплуатации неблагоприятным воздействиям. Непосредственный контакт с грунтом и, как следствие, попеременные замораживания и оттаивания, использование солей для снятия обледенения с дорожных покрытий, интенсивные абразивные нагрузки, значительные реактивные изгибающие воздействия требуют от применяемых материалов высокой морозостойкости, водонепроницаемости, трещиностойкости, устойчивости к истиранию. Это вызвало необходимость создания материала, близкого по физико-механическим свойствам к естественному камню.

Известно, что из-за высокой однородности и мелкозернистости песчаные бетоны обладают повышенной прочностью при изгибе, водонепроницаемостью и морозостойкостью. Вместе с тем цементно-песчаные смеси имеют некоторые особенности, обусловленные их структурой, для которой характерны высокое содержание цементного камня, отсутствие жесткого каменного скелета, повышенные пористость и удельная поверхность твердой фазы. Вследствие этого при В/Ц, близких к 0,4 и выше, песчаные бетоны, как правило, имеют прочность ниже, чем обычные. При необходимости получить плотные и прочные

песчаные бетоны эффективны сверхжесткие (выше 120 с) цементно-песчаные смеси, приготовленные в смесителях принудительного действия, уплотненные интенсивным способом с тепловлажностной обработкой по режимам, исключающим нарушение структуры свежотформованных изделий.

Эти теоретические предпосылки были положены в основу нового технологического процесса — изготовления дорожных изделий из песчаного бетона.

Технологический комплекс, включающий автоматизированные конвейерные линии по производству бортового и газонного камня, а также различных модификаций тротуарной плитки, был введен в эксплуатацию в 1972 г. и завод ЖБИ № 17 стал основным поставщиком этих изделий для Москвы и области. В связи с тем, что технология вибропрессования практически не имела аналогов, в процессе внедрения новых линий было решено множество технических проблем, не предусмотренных на стадии проектирования.

Автоматизированные линии представляют собой комплекс оборудования, связанного между собой функционально в соответствии с технологическим процессом, который предусматривает полный цикл операций от приема бетонной смеси до контейнеризации готовых изделий. Основными механизмами линии являются вибропресс-автомат, переключатель, конвейеры предварительной и окончательной термообработки.

Вибропресс-автомат — это основной агрегат линии, задающий ее производительность. В связи с этим большое значение имеют гарантии стабильности его работы и возможность регулирования технологических

параметров, определяющих качество выпускаемой продукции.

Специалистами завода ЖБИ № 17 совместно с СКТБ Минпромстройматериалов и МНИПТИ "Стройиндустрия" было найдено оптимальное решение работы вибропресса на контактно-релейной схеме, благодаря которой команды на выполнение каждой технологической операции стали подаваться на индивидуальные приводы виброплощадки, пуансона и мерного ящика. Такая схема значительно упростила кинематику вибропресса, позволила максимально уменьшить холостые ходы механизма, сократить простой из-за поломок.

Предусмотренный модернизацией перевод формующих органов (виброплощадки, матрицы, поддона, пуансона) на пневмопривод позволил производить плавную и точную регулировку давления при формировании изделий, а также улучшил процесс вибрации.

Проектным решением не обеспечивалось равномерное распределение смеси на оба одновременно формующих изделия, отчего они имели разные высоту и степень уплотнения. Для устранения этого дефекта был внедрен доталкиватель в виде стальной пластины, захватывающей бетонную массу и равномерно распределяющей ее в формующие ячейки матрицы.

Другим механизмом линии по производству бортового камня, подвергнутому модернизации, явился переключатель, одновременно снимающий четыре изделия с поддонов конвейера предварительной термообработки и штабелирующий их на конвейере окончательной термообработки. В результате модернизации повысилась надежность работы переключателя, увеличилась скорость его перемещения.

Благодаря совместной работе завода ЖБИ № 17 и СКТБ возникло новое решение конструкции конвейера, которое позволило полностью автоматизировать процесс производства бортового камня, что сократило время холостых операций, цикл формирования, резко повысило производительность линий.

Однако ныне действующий

технологический комплекс не удовлетворяет современным требованиям. К серьезным недостаткам действующих линий можно отнести отсутствие возможности оперативной переналадки и замены формующих узлов, низкую износостойкость материалов, используемых в зонах интенсивных эксплуатационных нагрузок, малую, по сравнению с европейскими аналогами, скорость перемещения рабочих органов машин, большое количество отходов и связанный с этим перерасход сырьевых материалов.

Новая социально-экономическая ситуация в стране требует учитывать постоянно изменяющийся потребительский спрос, расширять ассортимент и улучшать качество продукции.

Переход к самостоятельной финансовой и хозяйственной деятельности делает актуальным поиск путей перехода к более экономичным, высокопроизводительным технологиям, обеспечивающим высокий уровень рентабельности производства. Вместе с тем в настоящее время основное направление научно-технических разработок в области производства песчаного бетона сконцентрировано на проб-

лемах развития и внедрения компактных производственных комплексов, доступных к внедрению на малых предприятиях, в сельскохозяйственных структурах и небольших фирмах, специализирующихся на выпуске стройматериалов.

Не отрицая актуальности такого подхода к делу, приходится констатировать, что технический прогресс в области развития крупномасштабных, высокопроизводительных производств песчаного бетона практически приостановлен. Переориентация научно-технической мысли и организации производства технологического оборудования и комплектующих деталей преимущественно в одном направлении создала серьезные проблемы для действующих производств.

На сегодня в Москве и области практически отсутствуют организации, способные оказать конкретную производственно-техническую помощь в обеспечении запчастями и модернизации действующего оборудования. В сложившейся ситуации АО "Спецстройбетон" ищет пути выхода из положения.

Расширение деловых контактов с западными фирмами, хо-

рошо зарекомендовавшими себя на мировом рынке, открывает широкие возможности для организации производства, способного обеспечить потребности строительных организаций Москвы и частных лиц, а также инофирм, разворачивающих свою деятельность в Москве и области, высококачественными стройматериалами широкой номенклатуры.

Для привлечения финансовых средств в безусловно необходимое технически высокоорганизованное производство изделий из песчаного бетона АО "Спецстройбетон" делает конкретные шаги в налаживании связей с перспективными коммерческими структурами России.

Так, деловой альянс АО "Спецстройбетон" с фирмой L.I.D., целью которого является закупка технологического оборудования для двух линий по производству тротуарной плитки, бортового камня и стеновых материалов из песчаного бетона у известной итальянской фирмы "Розакометта", должен способствовать подъему отечественной стройиндустрии на уровень мировых достижений технического прогресса.

УДК 691.327:666.972.55-128

А. М. ШЕЙНИН, канд. техн. наук,  
М. Я. ЯКОБСОН, инж. (СоюздорНИИ)

## Высокопрочные мелкозернистые бетоны с суперпластификатором С-3 для дорожного строительства

Более чем тридцатилетний опыт применения мелкозернистого бетона в дорожном и аэродромном строительстве показал эффективность этого материала. Реальным оказалось получение мелкозернистых бетонов прочностью на растяжение при изгибе 4,5...6 МПа с использованием добавок типа ЛСТ или ЛСТ + СНВ с расходом цемента 390...420 кг/м<sup>3</sup>, т. е. на 7...10 % увеличенным по сравнению с обычным бетоном (табл. 1).

Новый этап развития технологии дорожных мелкозернистых бетонов связан с использованием эффективных химических добавок-суперпластифика-

торов для снижения расхода цемента и более широким применением различных технологий строительства цементобетонных покрытий, включая технологию скользящих форм и укатываемого бетона. С учетом влияния добавок суперпластификатора на структуру и свойства обычного дорожного бетона [1, 2] можно полагать, что при использовании суперпластификатора в мелкозернистом бетоне могут возникнуть проблемы, связанные с особенностями его состава, структуры и свойств.

Как было установлено ранее [3], в зависимости от относительного содержания цементного камня выделяют два типа

структуры мелкозернистого бетона. К I относятся плотные мелкозернистые бетоны с небольшим (2...4 %) объемом заземленного воздуха даже без применения воздухововлекающих добавок. Содержание цементного камня обеспечивает обмазку зерен песка и полное заполнение объема межзерновых пустот. Ко II типу относятся мелкозернистые бетоны, в которых содержание цементного камня обеспечивает обмазку зерен песка, но неполностью заполняет межзерновые пустоты. Объем заземленного воздуха даже при отсутствии воздухововлекающих добавок составляет более 2...4 % и в зависимости от зернового состава песка может достигать 8...10 %. Оптимальными являются пограничные структуры I типа. Снижение водопотребности мелкозернистой бетонной смеси и соответствующего содержания цемента при данном В/Ц с введением суперпластификатора может привести к такому уменьшению объема цементного камня, при котором может сформироваться структура мелкозернистого бетона

Автомобильная дорога	Конструктивный слой	Проектная прочность бетона, МПа	Состав бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>			В/Ц	Фактическая прочность бетона, МПа	Прочность в ядрах на растяжение при раскалывании, МПа
			портланд-цемент	природный песок	вода			
Москва — Рига	Основание	3,5/25	400	1620	208	0,52	4,92/26,8	—
	Покрытие	4,5/30	390	1640	195	0,5	4,9/36,0	3,21
	Опытный участок) Покрытие	4,5/30	420	1675	177	0,42	4,5—5,8/ /30—33	3,27
Вологда — С-Петербург	Покрытие	5,5/35	420	1690	185	0,44	5,0—7,1/—	43,7—49,6 (сжатие) 4,5 (10 лет) 5,67—5,94 (15 лет)
Вологда — Архангельск	Покрытие	4,5/30	400	1680	180	0,45	4,5—4,7/ 30—36,3	2,7—3,9
Чернигов — "Нефтегаз"	Покрытие (опытный участок)	4,5/30	370	$\frac{106}{696}^*$	174	0,47	4,5/32	2,9—3,9

\* Песок из отсевов.

Примечание. Перед чертой — на растяжение при изгибе, после черты — при сжатии.

II типа. С другой стороны, изменение вязкости цементного теста при введении суперпластификатора влияет на условия формирования заземленного и вовлеченного воздуха. И хотя в структуре мелкозернистого бетона всегда имеется тот или иной объем условно-замкнутых воздушных пор, их роль для морозостойкости с введением воздухововлекающих добавок с суперпластификатором и без них практически не изучена.

В исследованиях СоюздорНИИ в качестве суперпластификатора применяли широко известную добавку С-3 Новоомского завода органического синтеза. Для получения мелкозернистого бетона использовали природный песок Вяземского карьера с  $M_k = 2,4$ , дорожный портландцемент марки М500 Себряковского цементного завода, а также обычно применяемые в дорожном бетоне добавки ЛСТ и СНВ.

Жесткость изучаемых бетонных смесей в зависимости от водосодержания и типа добавок изменялась от 4...6 до 40...60 с (рис. 1). Такой диапазон смесей позволял охватить все известные технологии бетонирования цементобетонных покрытий и оснований: в скользящей опалубке (5...15 с), в рельс-формах (20...30 с) и методом укатки (40...60 с).

Установлено, что водопотребность мелкозернистых бетонных

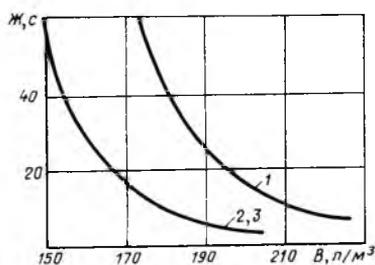


Рис. 1. Влияние водосодержания на жесткость бетонных смесей

1 — 0,3 % ЛСТ; 2 — 1 % С-3; 3 — 1 % С-3 + 0,01 % СНВ

смесей с суперпластификатором на 13...15 % ниже по сравнению со смесями с одиночной добавкой ЛСТ. Общий объем воздушной фазы в бетонной смеси колебался в пределах 7...14 %, несколько повышаясь с уменьшением жесткости смеси. Введение воздухововлекающей добавки СНВ в комплексе с С-3 практически не повлияло на водопотребность смеси, хотя на 1...3 % повысило объем воздушной фазы.

В зависимости от расхода цемента и типа добавок были получены высокопрочные мелкозернистые бетоны прочностью на растяжение при изгибе 5...12 МПа (рис. 2). При этом возможная экономия цемента при введении С-3 по сравнению с ЛСТ зависит от жесткости смеси и составляет 18...20 % для смесей жесткостью 5...15 с и

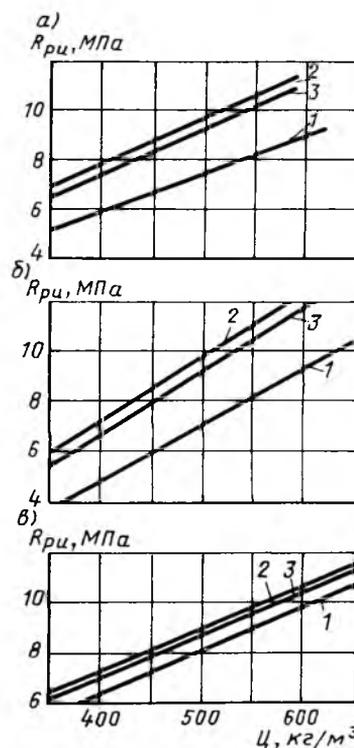


Рис. 2. Влияние расхода цемента Ц на прочность бетона на растяжение при изгибе  $R_{ри}$

а — Ж = 5...6 с; б — Ж = 10...15 с; в — Ж = 40...60 с; 1...3 — см. рис. 1

8...10 % для смесей жесткостью 40...60 с. Использование воздухововлекающей добавки СНВ несколько уменьшает экономию цемента из-за увеличения объема воздушной пористости и со-

ответствующего влияния на прочность бетона. С этой точки зрения наиболее эффективен суперпластификатор С-3 в смесях жесткостью 5...15 с.

Прочность при сжатии полученных мелкозернистых бетонов в зависимости от расхода цемента изменялась от 35 до 75 МПа. При этом соотношение  $R_c/R_{ри}$  практически не зависит от типа добавки и составляет приблизительно 4,5...6,5, что свидетельствует о высокой выносливости и трещиностойкости полученных бетонов.

В дорожных бетонах прочностью 4,5...5 МПа, наиболее широко применяемых в строительстве дорожных и аэродромных покрытий, определить экономию цемента экспериментальным путем затруднительно, так как полученные мелкозернистые бетоны с добавкой С-3 даже при расходе цемента 330...350 кг/м<sup>3</sup> ( $V/C = 0,45...0,5$ ) имели прочность на растяжение при изгибе не менее 5,5...6 МПа.

Износостойкость мелкозернистых бетонов с  $V/C \leq 0,45$  оказалась высокой. Истираемость составила 0,32...0,5 г/см<sup>2</sup>, что не превышает требований по истираемости, предъявляемых к бетону, подверженному действию абразивного износа (не более 0,6...1,1 г/см<sup>2</sup> по ГОСТ 17608 и не более 0,7 г/см<sup>2</sup> по ГОСТ 13015.0).

Снижая водопотребность мелкозернистой бетонной смеси и объем цементного камня, С-3 влияет и на характер поровой структуры мелкозернистого бетона (рис. 3). По сравнению с добавкой ЛСТ введение С-3 в равноподвижных бетонных смесях приводит к повышению плотности структуры бетона как за счет уменьшения объема открытых, доступных для водонасыщения пор, так и за счет снижения объема условно-замкнутых пор. Если первый эффект связан с уменьшением относительного объема цементного камня в бетонах с добавкой С-3 при данном  $V/C$ , то второй обуславливается специфическим структурообразующим действием С-3. Наиболее ощутимо объем условно-замкнутых пор снижается в бетонах на основе маловязких смесей с  $V/C = 0,3$  и жесткостью около 5 с. В то же время в мелкозернистых бетонах на основе смесей жесткостью 40...60 с объем условно-замкнутых пор практически не зависит от типа пластифицирующей добавки.

Показатель средней крупности открытых пор в мелкозерни-

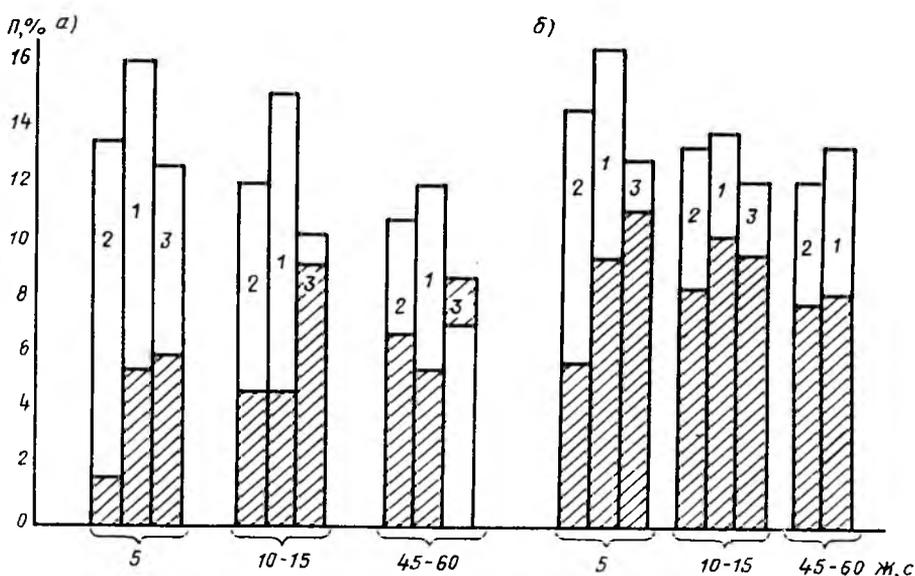


Рис. 3. Показатели пористости бетона при различной жесткости смеси  
а —  $V/C = 0,3$ ; б —  $V/C = 0,45$ ; 1...3 — см. рис. 1; заштрихована область условно-замкнутых пор, незаштрихована — открытых пор

стых бетонах колеблется в пределах 0,3...0,9, что также свидетельствует о формировании плотной мелкопористой структуры цементного камня и бетона в целом.

Применение в комплексе с С-3 воздухововлекающей добавки СНВ позволяет направленно модифицировать поровую структуру мелкозернистого бетона: несколько уменьшить объем открытых пор и увеличить объем условно-замкнутых. Наиболее существенно этот эффект проявляется в бетонах на маловязких смесях жесткостью около 5 и 10...15 с. В мелкозернистых бетонах с комплексной добавкой С-3 + СНВ по сравнению с одиночной С-3 формируется плотная структура с повышенным устойчивым объемом условно-замкнутых пор, не за-

полняемых водой как при атмосферном давлении, так и при кипячении бетона в воде. На морозостойкости мелкозернистого бетона влияют те же факторы, что для обычного бетона, однако влияние состава — расхода цемента и объема цементного камня в нем проявляется более существенно, так как в обычном бетоне одним из его регулирующих факторов может служить расход крупного заполнителя.

Важнейшей проблемой является обеспечение высокой гарантированной морозостойкости мелкозернистого бетона I или II типов без воздухововлекающих добавок, структура условно-замкнутых пор в котором создается только за счет воздушной фазы, образованной в межзерновом пространстве при

Таблица 2

Добавка	Морозостойкость бетона, циклы, при жесткости бетонной смеси, с		
	5—10	15—20	40—60
С-3	$\frac{200}{< 100} / \frac{10}{< 10}$	$\frac{100}{< 100} / \frac{20}{< 10}$	$\frac{300^*}{< 100} / \frac{10}{< 10}$
ЛСТ	$\frac{300^*}{300^*} / \frac{35^*}{20}$	$\frac{300^*}{300^*} / \frac{35^*}{20}$	$\frac{300^*}{300^*} / \frac{35^*}{35^*}$
С-3 + СНВ	$\frac{300^*}{200} / \frac{35^*}{10}$	$\frac{300^*}{100} / \frac{35^*}{10}$	$\frac{300^*}{-} / \frac{35^*}{-}$

\* Дальнейшие испытания прекращены; критерии морозостойкости не достигнуты.

Примечания: 1. Перед чертой — по II методу, после черты — по III методу ГОСТ 10060. 2. Над чертой — при  $V/C = 0,3$ ; под чертой — при  $V/C = 0,45$

введении одиночной добавки ЛСТ или С-3.

Как показали результаты испытаний (табл. 2), мелкозернистые бетоны с добавкой ЛСТ независимо от В/Ц характеризуются абсолютно высокой морозостойкостью и более высокой, чем с добавкой С-3, особенно при испытании по III методу ГОСТ 10060. Хотя мелкозернистые бетоны с одиночной добавкой С-3 при испытании по II и III методам имеют достаточно высокую морозостойкость при В/Ц = 0,3, т. е. когда объем цементного камня достаточен для формирования структуры I типа. При формировании структуры II типа в мелкозернистом бетоне с добавкой С-3 при В/Ц = 0,45 высокая морозостойкость не обеспечивается при испытании по II и III методам.

Применение комплексной добавки С-3 + СНВ повышает морозостойкость мелкозернистого бетона по сравнению с одиночной добавкой С-3. Морозостойкость мелкозернистого бетона с С-3 + СНВ при В/Ц = 0,3 соответствует морозостойкости бетона с ЛСТ при испытании по II и III методам. При В/Ц = 0,45 морозостойкость такого бетона с комплексной добавкой не достигает морозостойкости бетона с добавкой ЛСТ, хотя по абсо-

лютному значению она достаточно высока. Мелкозернистые бетоны с добавкой С-3 + СНВ при В/Ц = 0,45 по морозостойкости эквивалентны бетону с одиночной добавкой С-3 при В/Ц = 0,3. Полученные результаты объясняются модифицирующим влиянием СНВ на условно-замкнутую пористость бетона, выражающимся в "облагораживании" заземленной воздушной фазы особенно в структуре II типа.

## Выводы

Эффективность применения суперпластификатора С-3 вместо ЛСТ в дорожном мелкозернистом бетоне обусловлена минимально допустимым содержанием цементного камня при данном В/Ц, ниже которого формируется структура II типа. Применение мелкозернистых бетонов с одиночной добавкой С-3 при В/Ц = 0,45 должно быть ограничено природно-климатическими условиями, когда к бетонам не предъявляются требования высокой гарантированной морозостойкости. Мелкозернистые бетоны с одиночной добавкой С-3 при В/Ц = 0,3 и менее,

а также с комплексной добавкой С-3 + СНВ при В/Ц  $\leq$  0,45 имеют необходимую нормативную морозостойкость, которая обеспечивает применение этих бетонов в обычных условиях. И, наконец, высокопрочные мелкозернистые бетоны с комплексной добавкой С-3 + СНВ при В/Ц = 0,3 имеют более высокую, чем нормативная, морозостойкость, позволяющую применять их для дорожных и аэродромных покрытий и других конструкций и сооружений в суровых природно-климатических условиях эксплуатации.

## Библиографический список

1. А. М. Шейнин, М. Я. Яковсон. Морозостойкость дорожных бетонов с добавкой С-3 при сниженном содержании цемента // Бетон и железобетон.— 1987.— № 1.— С. 24—26/.
2. А. М. Шейнин. Цементобетон для дорожных и аэродромных покрытий.— М.: Транспорт, 1991.— 151 с.
3. А. М. Шейнин. Исследование свойств и технологии мелкозернистого цементного бетона для строительства автомобильных дорог // Автореф. дис... канд. техн. наук. М.: СоюздорНИИ, 1970.— 21 с.

УДК 691.327:666.9-128.002.6

В. Н. КУЗИН, К. М. КОРОЛЕВ,  
кандидаты техн. наук,  
А. И. ШКЛЯРОВА, инж.  
(НИИЖБ)

## Технология и оборудование для производства мелкоштучных изделий из мелкозернистого бетона

В последние годы получило развитие малозтажное строительство с использованием мелкоштучных изделий из местных материалов и отходов промышленности. Организация производства этих изделий требует обоснованного выбора технологии, приготовительного и формовочного оборудования необходимой производительности.

Для производства мелкоштучных каменных изделий, а также при приготовлении строительных смесей разработана и серийно выпускается гамма смесителей. Краткие технические характеристики некоторых

из них приведены в табл. 1. Смесители отличаются приводом (ручной и электромеханический), принципом действия (гравитационные и принудительного действия с горизонтальным и вертикальным лопастными валами и вместимостью.

Областью применения гравитационных смесителей является приготовление подвижных смесей с О.К. не менее 5...6 см и крупностью заполнителей до 40 мм, смесителей принудительного действия — приготовление смесей практически любой удобоукладываемости с крупностью заполнителей 20...70 мм в зави-

симости от вместимости.

Для облегчения ручного труда при загрузке исходными материалами смесители вместимостью, начиная с 250 л (С-250, СБ-97А и СБ-169А), укомплектованы скиповыми подъемниками, что позволяет размещать их на высоте 4...5 м от нулевой отметки. Кроме того, их можно достаточно просто вписать в технологические линии по приготовлению строительных смесей с автоматическим управлением. Смесители СБ-204, СБ-210 и БС-250 созданы в НИИЖБе (рис. 1).

Таким образом, выпускаемые смесители практически охватывают всю потребность в данном оборудовании при производстве мелкоштучных каменных изделий, а также при приготовлении строительных смесей для малоэтажных сооружений.

В настоящее время существует несколько методов изготовления мелкоштучных строительных изделий: литьевой в формах или каскетах, статическое прессование на гидропрес-

Индекс	Тип	О.К., см	Крупность за­полнителя, мм не более	Вместимость, л	Выход смеси*, л	Мощность двигателя**, кВт	Габариты, мм	Масса, кг
Ш-50	Гравитационный	5—6	40	30	20/25	—	1050×585× ×1340	55
РБС-50	Принудительного действия с вертикальным лопастным валом	Не ограничена	20	50	33/50	—	1070×800× ×1210	85
БС-3	Гравитационный	5—6	40	75	50/65	0,55	1200×900× ×1270	100
СБ-210	Принудительного действия с горизонтальным лопастным валом	Не ограничена	20	15	10/12	1,1	780×450× ×800	70
СБ-204	То же	Не ограничена	20	50	33/40	2,2	1260×790× ×1180	175
СО-46В	"	То же	5	80	—/65	1,5	1636×610× ×1155	210
Б-250	"	"	40	250	165/200	5,5(2,2)**	3150×1700× ×3000	1500
СБ-97А	"	"	40	325	200/250	5,5***	1845×2130× ×2225	1100
СБ-142	Принудительного действия с вертикальным лопастным валом	Не ограничена	40	50	33/40	2,2	980×832× ×936	265
СБ-133А	То же	5—6	40	100	65/80	4	1120×660× ×1000	180
СБ-169А	"	Не ограничена	70	375	250/300	7,5(4)*	2220×1960× ×1780	1650

\* Над чертой — смесь с крупным заполнителем, под чертой — цементно-песчаная смесь.

\*\* Мощность двигателя перемешивания, в скобках — скипового подъемника.

\*\*\* Общий привод на механизм перемешивания и скиповый подъемник.

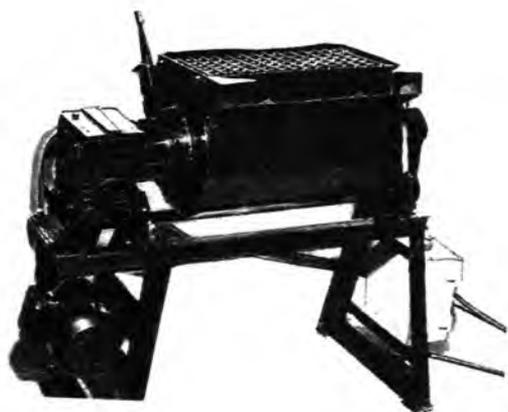


Рис. 1. Общий вид лоткового одновального смесителя СБ-204 вместимостью 33/50 л

формование на установках роторного типа.

Первые четыре метода хорошо известны. Последний метод, менее известный, на наш

взгляд, достаточно перспективен.

В табл. 2 представлен параметрический ряд оборудования роликового формования, созданный в НИИЖБ по результатам проведенных исследований. На наш взгляд, наиболее перспективными из приведенных машин являются установки роликового формования роторного типа (рис. 2), с помощью которых изготовляют различные мелкоштучные изделия (тротуарные плитки, кирпичи, блоки, черепицу и т. д.). Для их производства целесообразно применять наряду с песками с  $M_k$  не ниже 1,5 отходы горнодобывающей и обрабатывающей промышленности в виде отсевов и высевок, карбонатную муку,

сах или механических прессах, вибропрессование на прессах разных модификаций типа ВИП, ВПБ, ВПА и т. п., экструзионное формование, роликовое

Наименование оборудования	Шифр проекта	Производительность	Установленная мощность, кВт	Габариты установки, мм	Масса, кг
Технологическая линия для формования элементов городского благоустройства	3519	6 панелей/ч 100 бортовых камней/ч	55	23 650×11 850×4680	35 000
Опытная установка роликового формования изделий из фибробетона	3953	6 панелей/ч	60	34 090×10 485×4490	31 056
Участок роликового формования дорожных плит	ИС-022	6 дорожных плит/ч	55	27 860×7420×3350	32 900
Пост формования элементов решетчатых полов с резиновым покрытием		25 шт/ч	45	18 600×10 400×3800	45 200
Установка роликового формования мозаичных плит 300×300×40	4062	300 шт/ч	18,7	6520×4032×2880	13 000
Установка роликового формования тротуарных плиток 300×300×50	ИС-024М	240 шт/ч	27,0	6520×4500×3000	15 000
Модифицированная установка роликового формования для изготовления тротуарных плиток	КО-049	360 шт/ч	23	4300×4930×2170	13 000
Установка для формования кирпича 250×120×65	КО-001	1050 шт/ч	28	6400×5800×3100	20 000
То же	КО-027	445 шт/ч	9	3600×2400×1400	3500
Автоматизированная линия для изготовления бортовых камней		6000 м <sup>3</sup> /год	30	40 000×12 000×3000	200 000

золошлаковые отходы, мелкую щепу, опилки и т. д.

Используя данную высокоэффективную технологию и оборудование в сочетании с новыми видами вяжущих (ГМЦ, ВИБ и др.), можно снизить расход цемента на 15...20 % и повысить культуру производства.

Наглядным примером эффективной утилизации отходов горнодобывающей и обрабатывающей промышленности является выпуск на ПО "Ташмамор" опытной партии декоративных плит, имитирующих природный камень с использованием минеральных вяжущих. Декоративность полученных роликовым методом формования плит и их физико-механические показатели соответствуют требованиям ГОСТ 24099, а показатели прочности на сжатие и изгиб намного превышают нормативные значения и составляют 40...85 и 5...5,7 МПа.

Изготовление армированных изделий данным способом не нашло широкого внедрения в промышленности. Это связано прежде всего с появлением трещин на поверхности свежесформованного изделия из-за упругого последствия каркаса. В связи с тем, что данным мето-

дом формируются особо жесткие смеси, трещины не могут самозалечиваться подобно подвижным или литым смесям.

По-видимому, не найдут широкого применения и автоматизированные линии по изготовлению бортовых камней из-за их высокой металло-, энергоемко-

сти и большой стоимости. Аналогичное положение сложилось и с агрегатно-поточными линиями.

На строительных предприятиях Казахстана в 1991–1992 гг. внедрена установка по производству тротуарных плит из песчаного бетона, прочностные

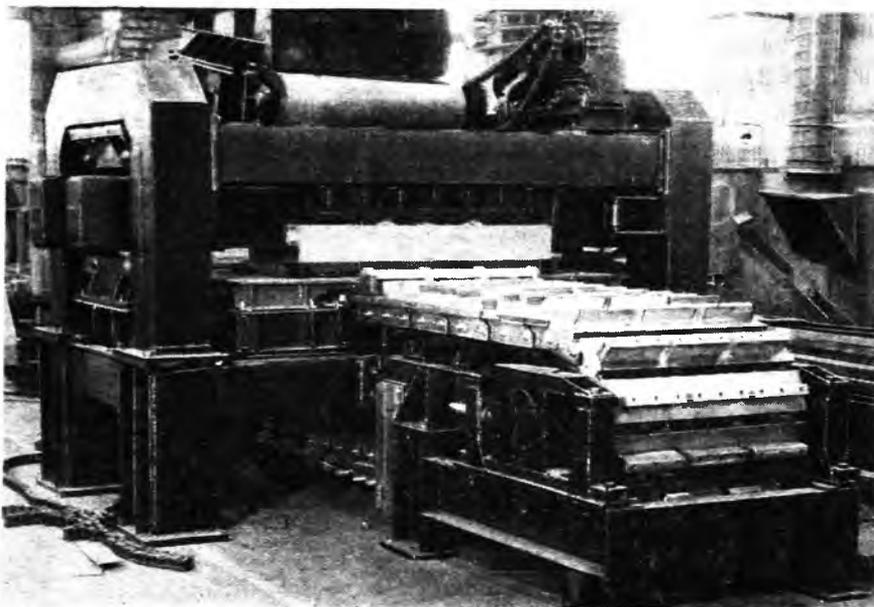


Рис. 2. Установка роликового формования кирпича

характеристики изготовленных изделий намного превышали ГОСТ 17608. В АО "Экостром" (г. Тольятти) в 1992 г. внедрена аналогичная линия, где в качестве заполнителя использовали песок из отработанной формовочной смеси литейного производства, что в значительной мере решает и экологическую проблему для данного региона.

Внедрение и отработка технологии и оборудования роликowego формования на вышеуказанных объектах, а также анализ полученных результатов способствуют созданию более

совершенной машины роликowego формования (проект КО-027). В этой установке металло- и энергоемкость снижены более чем в 3 раза (по сравнению с проектом КО-001), производственная площадь под установку уменьшена в 2,75 раза. Кроме того, намного снижена трудоемкость изготовления траков, рам и других сварных узлов, уменьшена вдвое номенклатура изделий, что позволит снизить стоимость изготовления установки, повысить ее эргономические характеристики. В настоящее время данная машина изготов-

ляется на Камешковском экспериментальном механическом заводе.

И хотя действующие установки роликowego формования имеют несколько большую массу и энергоемкость, чем широко применяемое вибропрессовочное оборудование, они выгодно отличаются от последних отсутствием шума и вибрации. Разработанные технология и оборудование охватывают практически всю потребность в них применительно к малоэтажному строительству.

УДК 691.327:666.9-128

Ю. Д. ЧИСТОВ, канд. техн. наук (МИСИ)

## Концепция создания неавтоклавных бетонов на основе пылевидных песков

В геологических запасах песков в странах СНГ преобладают месторождения мелких песков. Некоторые районы не располагают в достаточном количестве запасами крупного заполнителя. Это вынуждает либо применять мелкие пески, либо завозить крупные пески и крупный заполнитель для приготовления бетона, что удорожает стоимость последнего.

С позиции рационального использования минерального сырья, людских и энергетических ресурсов следует более широко применять в строительстве песчаные бетоны. Однако внедрение бетонов этого вида идет неоправданно медленно, принося большие экономические потери.

К настоящему времени накоплен положительный опыт получения прочных и долговечных песчаных бетонов на основе стандартных песков. Однако вопрос использования мелких (пылевидных) полиминеральных песков в бетонах без крупного заполнителя остается нерешенным. Сдерживающими факторами применения пылевидных песков в производстве бетонов являются большие расходы воды и вяжущего и, как следствие этого, высокие усадочные деформации, низкая трещиностойкость и недостаточная долговечность изделий. Эти обстоятельства послужили тормозом научных изысканий и практических усилий по применению мелких песков в строительстве.

С 60-х годов в МИСИ проводятся целенаправленные исследования возможности получения экономичных и долговечных бетонов без крупного заполнителя на основе пылевидных (барханых) песков и разрабатываются принципы прогнозирования эксплуатационных свойств таких бетонов [1]. Концепция создания неавтоклавных бетонов на основе пылевидных песков без крупного заполнителя базируется на том, что такие композиты принципиально отличаются по составу и строению не только от обычных, но и от песчаных (мелкозернистых) бетонов.

Композиции из цемента, воды и пылевидного песка по структуре ближе к цементным пастам, водонасыщенным глинам, суглинкам и др. В затвердевшем, структурированном состоянии их только условно можно назвать бетонами. Это по сути микробетоны. Рассматриваемые композиции представляют собой связанную систему, состоящую из обводненных твердых частиц (возможно флокул), жидкой и газовой фаз.

Известно, что для обычных бетонов на крупном и мелком заполнителях присутствие фракций песка менее 0,1 мм не рекомендуется. Мелкие частички способны адсорбироваться на более крупных и образовывать вокруг них пленки, ослабляя сцепление частиц песка с цементом. Кроме того, подобные пленки раздвигают зерна песка, что повышает его пустотность.

Пылевидные пески в основном состоят из частиц меньше 0,1 мм. По свойствам они резко отличаются даже от мелких песков ( $M_k = 1,2...1,5$ ). Модуль крупности пылевидных песков меньше единицы. Их целесообразно характеризовать удельной поверхностью, которая может достигать 350...450 см<sup>2</sup>/г. Для сравнения: мелкий песок Люберецкого месторождения имеет удельную поверхность 80 см<sup>2</sup>/г.

В отличие от мелких кварцевых песков пылевидные суммарно могут содержать до 50 % полевых шпатов, карбонатов и глинистых примесей.

Затвердевшие цементно-песчаные композиции на основе мелких полиминеральных песков имеют пористость около 22...25 %. Размер пор достигает 1...1,5 мм в диаметре. Из-за большого водосодержания затвердевший камень пронизан большим числом капилляров. При расходе цемента 350...400 кг/м<sup>3</sup> не удается обеспечить достаточного склеивания зерен песка между собой. Слитное строение таких бетонов достигается при расходе цемента 600...650 кг/м<sup>3</sup>.

Уменьшить пористость затвердевшего камня и размер пор можно путем регулирования фракционного состава всей композиции, а не только песка. Для этого необходим домол цемента и части песка [2].

Известны предложения улучшения качества бетонов на основе мелких песков путем активации цемента и разбавления мелкого песка крупным. Если первое возможно благодаря домолу цемента непосредственно на заводе ЖБИ, то второе требует доставки крупного песка.

В теоретическом плане такие предложения ставят под сомнение принцип широкого использования местных мелких песков

без добавления крупного. Мелкие пески, таким образом, становятся некондиционными. В лучшем случае им отводится роль мелкого заполнителя в песчаных бетонах. В основу такого подхода положено представление о структуре классического бетона с крупным заполнителем. В композициях на основе пылевидных песков без крупного заполнителя и стандартного песка целесообразно наполнять смеси тонкомолотыми компонентами, а не вводить в них крупные фракции.

Измельчение части полиминерального песка предусматривает не только направленное изменение гранулометрического состава песка, но и своеобразное насыщение смеси пуццоланически активными компонентами. При совместном помоле цемента и песка, например в соотношении 1:1 по массе, по удельной поверхности около 2500 см<sup>2</sup>/г происходит интенсивное измельчение более мягких минералов (полевых шпатов, карбонатов и глинистых включений), а кварцевые зерна песка практически не размалываются. Ввод в композицию тонкомолотой цементно-песчаной смеси увеличивает плотность микробетона и включает в процесс твердения дополнительные резервы за счет химического взаимодействия гидроксида кальция и активных минералов пылевидного песка.

При среднем расходе песка до 1400 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона в песке содержится почти 450 кг полевых шпатов, карбонатов и глинистых примесей, способных усвоить более 25 кг оксида кальция при термообработке бетона в течение 12 ч [3]. При учете химической активности этих минералов по отношению к гидроксиду кальция возникает обоснованная необходимость наполнения цементно-песчаной смеси молотой негашеной известью в количестве до 50 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона. Домол цемента с частью песка и известью способствует формированию структурированной системы с комплексом заданных свойств.

Целенаправленное формирование структуры на микро- и макроуровнях путем регулирования количества молотой и немолотой частей цементно-известково-песчаных смесей обеспечивает получение прочных и долговечных строительных изделий.

Рассматриваемые цементно-известково-песчаные композиции, затворенные водой, представляют собой систему взаимосвязанных компонентов, подвер-

женных изменению во времени. Развитая и реакционно способная поверхность твердой фазы системы обуславливает ее высокие вязкие свойства. Такие смеси ближе подходят к связанным грунтам и представляют собой единое однородное изотропное физическое тело, характеризующееся вязкостью, предельным напряжением сдвига и коэффициентом внутреннего трения. Их поведение можно описать уравнением Кулона.

Теоретические предпосылки создания таких композиций и изделий на их основе подтверждены практическими работками. С помощью специально построенных номограмм можно подобрать оптимальные составы бетонных смесей и получить бетоны с заданными свойствами.

В качестве примера на рис. 1 приведена номограмма основных свойств песчаного бетона на мелком полиминеральном песке с удельной поверхностью 360 см<sup>2</sup>/г при В/Т = 0,16, что позволяет получать бетонные смеси жесткостью 5...40 с в зависимости от количественного соотношения компонентов. Для более подвижных и жестких смесей построены другие номограммы. Диапазон изменения жесткости бетонных смесей 3...180 с обеспечивает получение достоверной информации о расходе цемента в песчаных бетонах, их прочности и усадке.

Выбор оптимального состава бетонной смеси производится следующим образом. Задаемся прочностью и жесткостью бетонной смеси: R<sub>28</sub> = 30 МПа, Ж = 30 с. На номограмме это

соответствует точке с координатами X<sub>1</sub> = 0,45 и X<sub>2</sub> = 0,525. Расход цемента определяем по номограмме. Он составляет 440 кг/м<sup>3</sup>.

Зная, что X<sub>1</sub> = Ц/(Ц + П<sub>м</sub>), определяем количество молотого песка

$$P_m = \frac{Ц - (X_1 Ц)}{X_1} = \frac{440 - (0,45 \cdot 440)}{0,45} = 538 \text{ кг/м}^3.$$

Расход немолотого песка определяем из уравнения

$$P_n = \frac{Ц + P_m - X_2(Ц + P_m)}{X_2}$$

и получаем 885 кг/м<sup>3</sup>.

Расход воды находим из уравнения

$$В = 0,16(Ц + P_m + P_n).$$

На 1 м<sup>3</sup> бетона он составляет 243 л.

Таким образом, для приготовления бетона прочностью 30 МПа из бетонной смеси жесткостью 30 с необходимо затратить 440 кг цемента, 538 кг молотого песка, 885 кг немолотого песка и 243 л воды.

При использовании более крупного песка с удельной поверхностью 200 см<sup>2</sup>/г для получения бетона той же прочности из бетонной смеси той же подвижности расход материалов на 1 м<sup>3</sup> бетона составит: цемента — 425, молотого песка — 638, не-

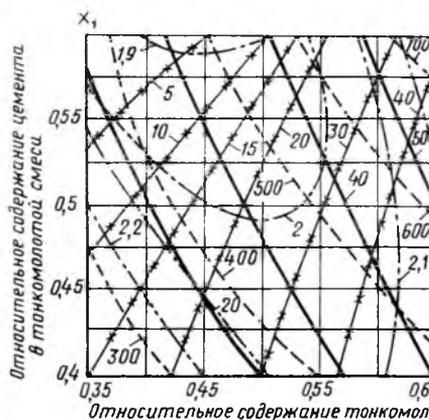


Рис. 1. Номограмма свойств песчаного бетона с В/Т = 0,16 на песке с удельной поверхностью 360 см<sup>2</sup>/г  
 — — предел прочности на сжатие; МПа; — — — расход цемента, кг/м<sup>3</sup>; — × — жесткость бетонной смеси, с; — · — полная усадка, мм/м

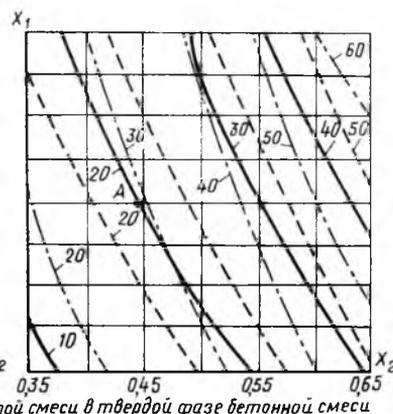


Рис. 2. Номограмма прочности на сжатие песчаных бетонов на основе полиминерального песка с удельной поверхностью 360 см<sup>2</sup>/г  
 — — — В/Т = 0,18; — — — В/Т = 0,16; — · — — В/Т = 0,14

молотого песка — 869 кг, воды — 309 л.

Наглядное представление о влиянии количества воды затворения на прочность бетона можно получить из рис. 2. Бетонные смеси приготовлены на одном виде песка и цемента, но с разным В/Т. Расположение кривых изменения прочности указывает на закономерность роста прочности бетона с уменьшением В/Т при равных значениях  $X_1$  и  $X_2$ . Например, в точке А бетонная смесь характеризуется показателями  $X_1 = 0,5$ ;  $X_2 = 0,44$ , по разным В/Т: 0,18; 0,16; 0,14. Для смеси с В/Т = 0,18 бетон соответствует прочности 20 МПа, а для В/Т = 0,16 — 24 и В/Т = 0,14 — 28 МПа. В то же время при одном и том же В/Т можно получить бетоны равной прочности, изменяя  $X_1$  и  $X_2$  цементно-песчаных композиций.

С учетом возможного развития "известкового голода" в песчаном бетоне разработаны мероприятия по защите стальной арматуры.

## Выводы

При изучении основных строительных свойств бетонов на пылевидных песках без крупного заполнителя установлены зависимости расхода цемента, подвижности бетонной смеси, прочности и усадки бетона от количества молотого компонента в составе твердой фазы рабочей композиции, что позволяет не только оптимизировать составы бетонных смесей, но и прогнозировать свойства бетонов. Изучена щелочность жидкой фазы бетона и установлены закономерности изменения водородного показателя от состава цементно-песчаной смеси и вида мелкого песка. Это послужило основанием разработки способов защиты стальной арматуры от коррозии.

Научные исследования и практические рекомендации легли в основу разработки оригинальной технологии неавтоклавных бетонов на основе пылевидных полиминеральных песков без крупного заполнителя.

Разработанная технология обеспечивает получение бетонных и железобетонных изделий требуемой прочности, повышенной трещиностойкости, морозостойкости, водонепроницаемости, стойких к воздействию агрессивных грунтовых вод.

## Библиографический список

1. Волженский А. В., Чистов Ю. Д. О перспективах дальнейшего развития производства экономичных бетонов // Бетон и железобетон.— 1991.— № 2.— С. 10—11.
2. Чистов Ю. Д. Повышение эффективности строительных материалов на композициях из мелких песков // Строительные материалы.— 1991.— № 10.— С. 19—21.
3. К вопросу о химической активности полиминеральных барханных песков в мелкозернистых бетонах неавтоклавно твердения / Ю. Д. Чистов, М. Я. Яковлева, Ю. В. Шевченко и др. // Изв. вузов / Сер.: Стр-во и архитектура.— 1989.— № 5.— С. 48—52.

УДК 691.327:666.9—128(470.23)

Б. А. МИРОНКОВ, канд. техн. наук, член-корр. Инженерной академии С-Петербурга (СПб ЗНИПИ), В. С. СТЕРИН, инж. (Экспериментальный завод А/О "УНИСТО")

## Мелкозернистый бетон в гражданском строительстве Санкт-Петербурга

До последнего времени песчаные бетоны не находили широкого применения из-за сложности изготовления бетонов высоких классов и значительного перерасхода цемента при их использовании.

Известны три направления увеличения эффективности применения конструкций из пескобетона: использование различных добавок для уменьшения расхода цемента; разработка технологических методов, позволяющих получить аналогичный эффект; создание тонкостенных конструкций путем их дисперсного армирования. Такие конструкции отличаются небольшой массой при достаточно высоком расходе цемента, но весьма эффективны.

В Санкт-Петербурге широко применяют два технологических метода изготовления конструкций из пескобетона: виброударное оборудование и послойное формование со скользящим виброштампом. Использование этих методов позволяет получать песчаные бетоны высоких классов при расходах цемента, не превышающих расходы для обычных тяжелых бетонов на щебне при общепринятых способах уплотнения. Так, при использовании виброударного оборудования, подвешиваемого на металлических формах, изготавливают такие сборные конструкции (обычно выполняемые традиционным способом), как фундаментальные блоки, бортовые тротуарные камни, кольца ко-

лодцев канализации и др.

Установка для изготовления этих элементов состоит из подвижной рамы, к которой жестко прикреплены четыре вибратора по два с каждой стороны. Рама опирается на резиновые прокладки и прижата к ним четырьмя парами пружин. Сверху на раму устанавливают форму с поддоном. Режим работы установки обеспечивает синхронизацию вращения валов двух пар вибраторов и строго вертикальные колебания подвижной рамы. Она отличается отсутствием механических синхронизаторов, соединительных валов и муфт, которые в действующих машинах часто выходят из строя и требуют постоянного ремонта.

Высокая эффективность уплотнения жестких песчаных бетонов обеспечивает не только возможность снижения расхода цемента, но и немедленную полную распалубку после формования.

Другим направлением применения пескобетона в строительстве является дисперсное армирование для создания тонкостенных конструкций, отличающихся небольшой массой по сравнению с аналогичными, выполненными из железобетона. Такой материал, названный ар-

моцементом, представляет собой мелкозернистый бетон, дисперсно армированный тонкими сетками (преимущественно стальными), и является качественной разновидностью железобетона. Армоцементные конструкции могут иметь толщину 10...30 мм.

По сравнению с железобетоном армоцемент обладает целым рядом достоинств. Благодаря повышению дисперсности армирования, т. е. сокращению размеров ячейки арматурной сетки при одновременном снижении толщины проволоки, трещины в армоцементе будут дисперсными, т. е. будут иметь меньшую ширину раскрытия, что повышает плотность и водонепроницаемость материала.

Морозостойкость армоцементных конструкций в значительной степени зависит от плотности структуры бетона: уменьшение В/Ц пропорционально повышает их морозостойкость. Скорость промерзания тонкостенных элементов почти в 2,5 раза больше, чем у толстостенных, и достигает максимума в зоне армирования. Однако, чем больше скорость продвижения фронта промерзания, тем равномернее оно распределяется по толщине конструкции, и структура материала рыхлится меньше. Специальные исследования показали, что армоцементные образцы, подвергнутые 150 циклам попеременного замораживания и оттаивания, имели те же прочностные и деформативные характеристики, что и образцы, хранившиеся в нормальных влажностных условиях.

Водонепроницаемость мелкозернистого бетона очень важна для армоцемента, так как повышение плотности бетона способствует защите арматуры тонких сеток от коррозии и позволяет использовать конструкции без защитных рулонных покрытий. Она определяется, в основном, объемом и характером пор в бетоне. Чем меньше пористость, тем выше его водонепроницаемость. Для уменьшения количества и объема пор применяют малоусадочные и расширяющиеся цементы, вводят специальные добавки, подбирают соответствующий состав бетона, уменьшают В/Ц, используют высокоэффективные средства уплотнения смеси, в частности высокочастотное виброуплотнение с частотой до 167 Гц. В качестве добавки можно использовать бетонит, который вводят в бетонную смесь с водой затворения в виде суспензии. По данным опытов введение добавок

повышает водонепроницаемость мелкозернистого бетона в 2...3 раза.

Долговечность армоцементных конструкций зависит, в основном, от плотности, пористости и соотношения между составляющими мелкозернистого бетона. Недостаточная плотность бетона приводит к тому, что под воздействием фильтрующей воды происходит коррозия бетона, в результате чего растворяется и выносится на поверхность составная часть цемента камня — гидрат окиси кальция. Коррозию бетона вызывают также газообразная, кислотная и другие агрессивные среды. Коррозия арматуры может наступить из-за нарушения защитного слоя бетона или недостаточной его толщины, низкой плотности бетона, введения добавок, снижающих его защитные свойства, а также наличия трещин недопустимой ширины. Коррозия стали резко уменьшает сечение проволок, снижая прочность и жесткость сечений армоцементных конструкций.

Наиболее эффективным мероприятием в борьбе с коррозией армоцемента является применение плотных бетонов и соблюдение нормативной толщины защитного слоя бетона.

Плотность бетона определяется его составом, наличием или отсутствием пор и обеспечивается способом формирования. Оптимальные составы мелкозернистого бетона — 1 : 2...1 : 3. Плотность бетона, не имеющего пор размером более 1 мм, возрастает в десятки раз по сравнению с бетоном, имеющим фильтрующие поры. Исследования показали, что наибольшая плотность бетона достигается при послыльном виброформовании с частотой до 167 Гц. Бетон, уплотняемый способом вибролитья, характеризуется пониженной плотностью.

Пористость бетона зависит от В/Ц, возраста бетона и условий его твердения. С уменьшением В/Ц соответственно уменьшается и общая пористость бетона. При твердении бетона в воде его сквозная пористость сокращается примерно в 2...3 раза. Этому способствует также повышение температуры твердения бетона с 20 до 100 °С.

Наблюдения за состоянием армоцементных конструкций свидетельствуют о том, что при отсутствии прямых атмосферных воздействий или агрессивных сред, при относительной влажности воздуха не более 60...70 % и надлежащей плотности бетона его защитный слой

толщиной 3...4 мм полностью обеспечивает сохранность тонких сеток. Увеличение толщины защитного слоя нежелательно, так как при этом, с одной стороны, уменьшается трещиностойкость армоцемента, с другой — увеличивается масса конструкции.

Если армоцементные конструкции подвергаются слабому воздействию агрессивной среды, эффективной мерой их защиты может быть оцинкование тканых сеток. В качестве защитных покрытий для тканых сеток наиболее доступной и надежной является композиция, состоящая из порошкового поливинилбутирола марки ПШ и цемента. Способ получения покрытий из порошковых композиций наиболее перспективен; в технологическом отношении он хорошо проверен при нанесении на многие виды изделий смежных областей техники.

Технология нанесения покрытий заключается в осаждении на сетку в электрическом поле порошковых частиц и последующем оплавлении их в терморadiационной печи. Такая технология позволяет легко автоматизировать процесс и упрощать получение пленки необходимой толщины, изменяя напряженность электрического поля. Рассматриваемый способ защиты тканых сеток от коррозии увеличивает коррозионную стойкость армоцементных конструкций как при наличии недостаточного защитного слоя, так и в зонах трещинообразования.

В заводских условиях можно механизировать процесс изготовления армоцемента, совместив в нем две трудоемкие операции — установку арматуры и бетонирование.

Применение мелкозернистого бетона позволяет уплотнять с использованием высокочастотного вибрирования даже очень жесткую бетонную смесь, повышая плотность и водонепроницаемость материала.

Армоцементные конструкции из-за присущей им тонкостенности имеют в 2 раза меньшую массу, чем железобетонные того же назначения. Для изготовления армоцемента применяют мелкозернистый бетон, где заполнителем служит только песок.

Каждая отрасль строительства, функциональные особенности строящихся сооружений накладывают отпечаток на конструирование армоцементных элементов, выбор их геометрических форм, способы армиро-

вания, изготовления и монтажа. Массовое изготовление конструкций экономически полностью оправдывает конструирование изделий для отдельной отрасли строительства. В то же время принятый способ машинного изготовления конструкций массового строительства влияет на конструктивную форму изделий, их сечения, характер армирования. Армоцементные конструкции проектируют специфическими для каждого из видов строительства.

На протяжении многих лет СПБЗНИПИ совместно с Экспериментальным заводом А/О "УНИСТО" и другими организациями разрабатывает конструктивные системы покрытий общественных зданий со средними и большими пролетами. В их основу положены армоцементные элементы заводского изготовления. Проекты предусматривают один тип формоснастки, в которой можно изготавливать унифицированные элементы различных размеров, что позволяет даже при ограниченном выпуске элементов обеспечить хорошие технико-экономические показатели.

В настоящее время разработаны чертежи, осуществлены в экспериментальном строительстве и утверждены в качестве типовых три конструкции, предназначенные для залных помещений: унифицированные складчатые конструкции покрытий пролетами 12...18 м (серия 1.266.1-3), унифицированные сводчатые конструкции пролетами 24...42 м (серия 1.276.1-1), плиты регулярной структуры из армоцементных элементов пролетами 12...18 м (серия 1.260-1).

Унифицированные складчатые конструкции покрытий пролетами 12...18 м собирают из элементов шириной 2 м, которые имеют закрытое поперечное сечение, позволяющее использовать в покрытии преимущество плоской кровли и в то же время включать верхнюю плиту в работу конструкции. Складчатые элементы, с преднапряженной арматурой формируются из плоского листа методом погиба. На незатвердевший бетон устанавливается плоская плита, образующую замкнутое сечение складки. Типовой проект рассчитан на применение складчатых конструкций в различных районах страны, в том числе на Севере и в сейсмических районах.

В другом типовом проекте предусмотрены унифицирован-

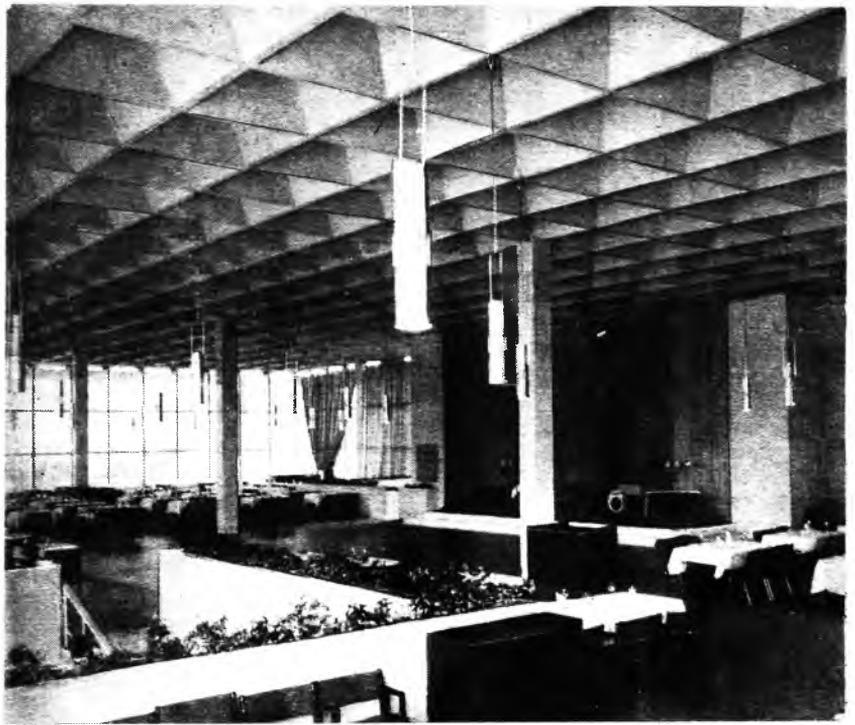


Рис. 1. Плита перекрытий регулярной структуры из армоцементных элементов для ресторана.

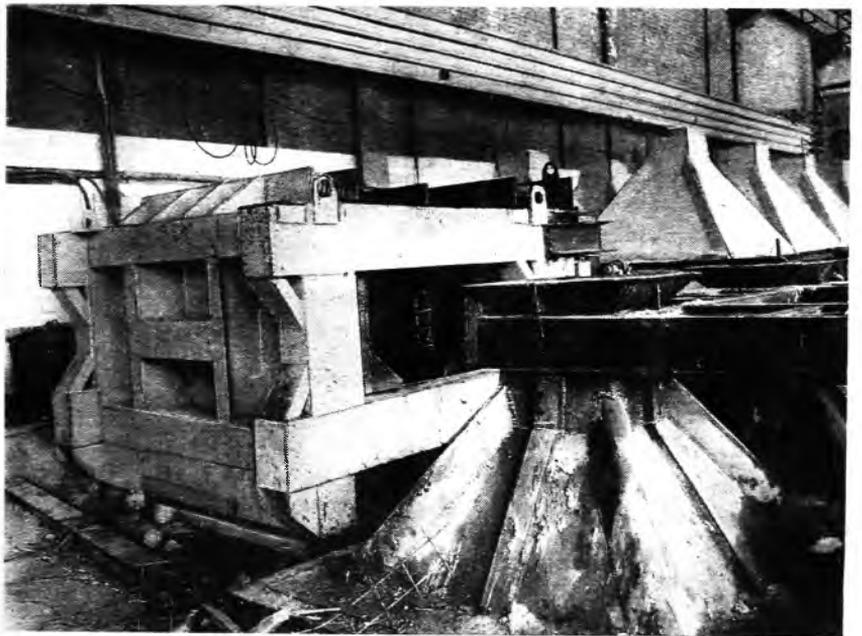


Рис. 2. Виброударная установка для одновременного изготовления 16 пирамидальных тонкостенных элементов регулярной структуры

ные сводчатые конструкции для залов пролетами 24...42 м. Своды образуются из армоцементных элементов волнистого поперечного сечения высотой 600 мм, шириной 2 м и рассчитываются по двухшарнирной схеме.

Опираение может осуществляться как на опорные балки, так и на отдельно стоящие фундаменты.

Сводчатые покрытия пролетами до 42 м можно также использовать в различных климатических районах страны, в том числе с повышенной сейсмичностью.

В настоящее время построены теннисные корты в С.-Петербурге и Минске, возведены армоцементные своды различных гражданских зданий и сооружений.

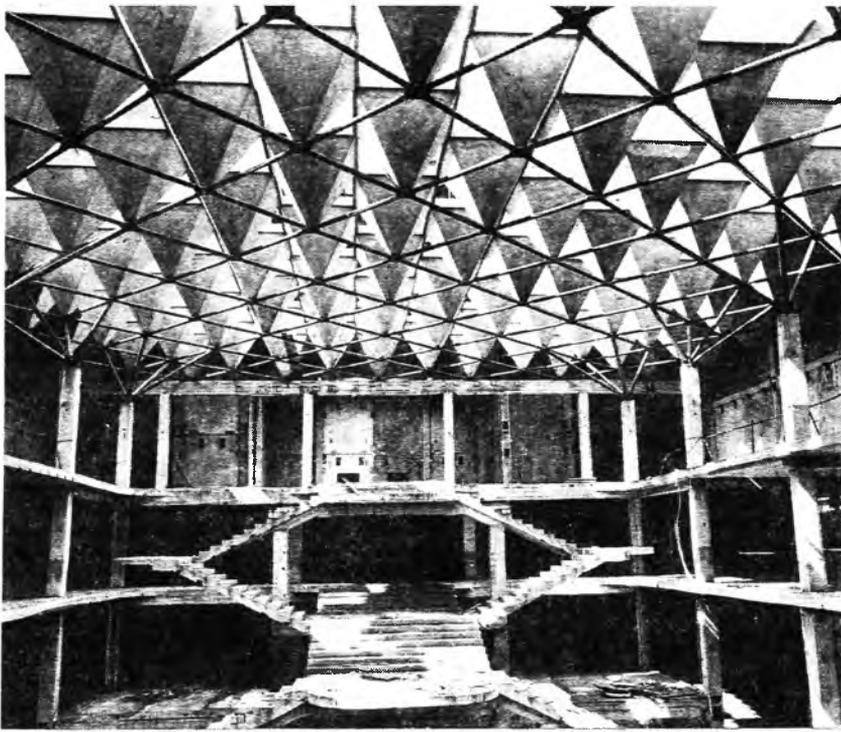


Рис. 3. Покрытие зала публичной библиотеки в Санкт-Петербурге армоцементной структурной конструкцией с металлическим нижним поясом

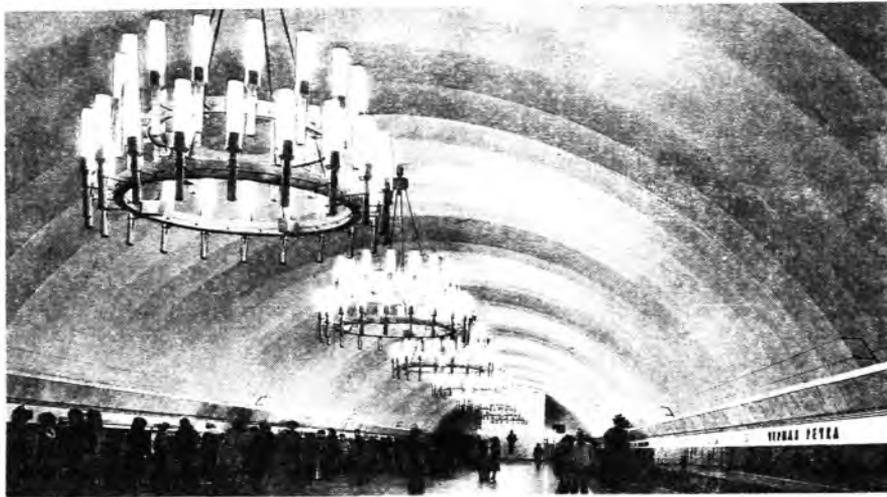


Рис. 4. Армоцементные водозащитные зонты на одной из станций Санкт-Петербургского метрополитена

Третий типовый проект предусматривает применение для зальных помещений покрытий в виде плиты регулярной структуры из армоцементных элементов. В основе этого решения лежат два элемента — пирамидальный и ребристая плита размером в плане 1,5×1,5 м, что в наибольшей степени допускает произвольное очертание перекрываемого зала.

Преимуществом таких покрытий являются их малая строительная высота (примерно 1,2 м), плоская кровля, возможность размещать между пирамидальными элементами необходимые технологические коммуникации, устраивать зенитные фонари, а также хорошие акустические данные конструкции без специальной обработки поверхности (рис. 1).

Конструкции, предназначенные для покрытия, изготавливали на технологической линии Экспериментального завода ПСО "Ленуниверситетстрой" методом вибротлитья по стендовой технологии. Максимальный размер покрытий ограничивается 60 × 60 м. Максимальный пролет 24 м определяется возможностями установки стержней несущей арматуры в ребрах пирамидальных элементов. Такие конструкции применимы для покрытий залов, имеющих различные технологические функции и условия опирания: по контуру, на отдельностоящие опоры. В этом варианте конструктивная система прошла апробацию на стройках С-Петербурга: перекрыто свыше 100 различных зальных помещений общей площадью свыше 80 тыс. м<sup>2</sup>. Выпуск конструктивных элементов предполагается организовать также в Ереване, Запорожье, Ташкенте и других городах.

На этом же заводе освоен выпуск структурных элементов в виде усеченных пирамид размером в плане 3×3 м. Это позволяет использовать их как отдельный вид структуры и в качестве фонарных элементов для типовой структуры из пирамидальных элементов.

На Экспериментальном заводе налажено производство элементов структуры на стенде, позволяющем формовать одновременно 16 пирамидальных элементов (блок размером 12×3 м). При этом использовали виброударную горизонтальную вибрацию, обеспечивающую высокое качество тонкостенных изделий (рис. 2).

Освоен выпуск армоцементных элементов структурной конструкции, позволяющей перекрывать пролеты до 42 м. Элементы пирамид с основанием 2×2 м образуют верхний пояс конструкции, работающей, преимущественно на сжимающие усилия. Вершины пирамид соединяются металлическими трубчатыми элементами, образующими нижний пояс конструкции. Таким образом, на сжимающие усилия работает армоцемент, а на растягивающие — металл. Расположение элементов в шахматном порядке позволяет не только уменьшить в 2 раза число сборных элементов, соединяющихся друг с другом болтами и сваркой, но и разместить в свободных ячейках зенитные фонари (рис. 3).

В С-Петербурге в армоцементных конструкциях решается отделка наклонных ходов и

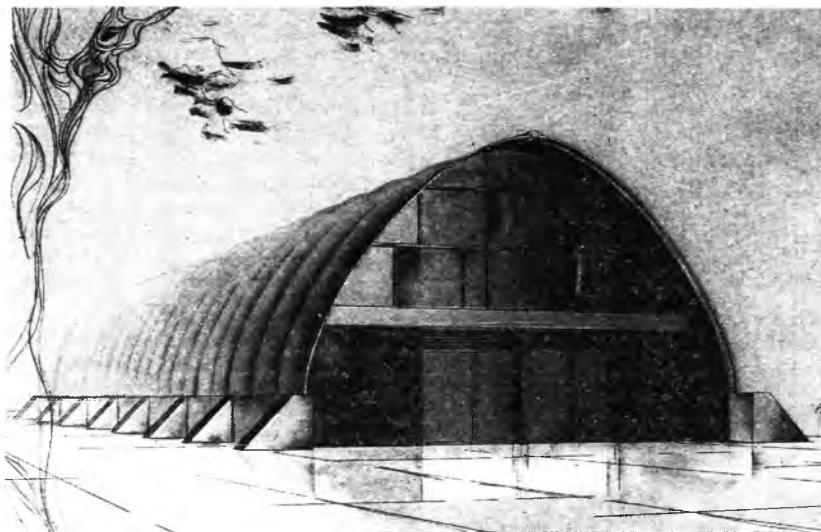


Рис. 5. Универсальное сводчатое здание из армоцементных элементов

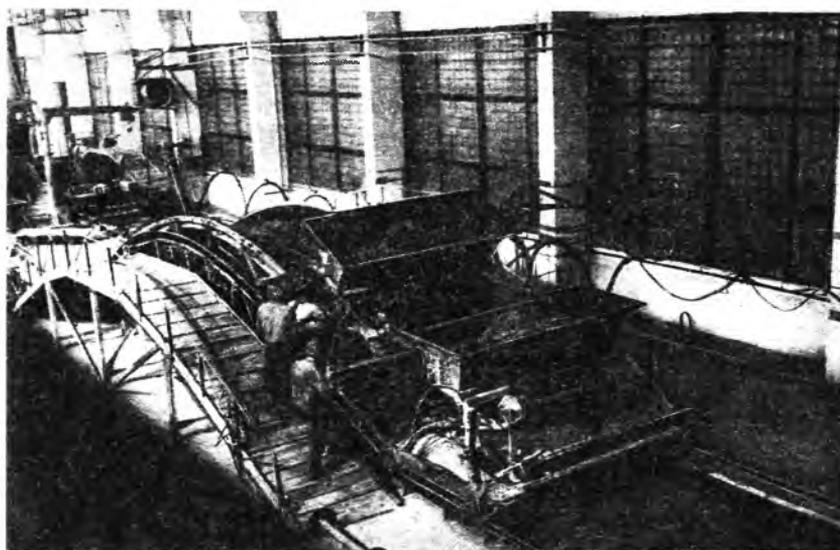


Рис. 6. Технологическая линия по изготовлению армоцементных сводчатых элементов в Опочке Псковской обл.

станций метрополитена. Конструктивно крупноэлементные зонты представляют собой двухшарнирные тонкостенные арки не связанные с тубинговой отделкой тоннелей (рис. 4).

В СПбЗНИИП совместно с Ленметропроектом разработано несколько типов зонтов пролетами 7,7...19 м в зависимости от диаметра тоннеля. При изготовлении элементов был впервые применен метод послойного формования. Элемент, армированный двумя слоями тканой сетки с расположенной между ними стержневой арматурой, формируется с помощью формочной машины, которая одновременно укладывает бетон, тканую сетку и арматуру и фиксирует их.

Метод послойного формования применяли при проектировании сельскохозяйственных

сводчатых зданий универсального назначения пролетами 12 и 15 м, собираемых из армоцементных элементов двойной кривизны. По конструктивной схеме здание представляет собой свод с опорами на уровне земли или на уровне 2 м над полом. В первом случае фундаментальные балки длиной 6 м устанавливали на фундамент из сборных блоков или на свайный ростверк, во втором — на железобетонные опорные рамы — контрфорсы (рис. 5).

Изготовление оболочек освоено в Опочке Псковской обл. Только за последние годы одна технологическая линия обеспечила выпуск свыше 20 тыс. элементов, что позволило возвести около 600 зданий размером в плане 12×36 м. Монтаж одного здания осуществляется 3...4 рабочими за три смены.

Опыт, накопленный в процессе разработки и строительства универсальных сводчатых зданий складского назначения пролетом 12 м, был положен в основу типового проекта серии 1,860.1—8.

Пример массового применения складских зданий из элементов машинного изготовления показывает преимущество армоцемента. Так, сметная стоимость сводчатого армоцементного здания на 40 % дешевле традиционного типового проекта складского здания. При выпуске на заводе 70 комплектов зданий в год, затраты на строительство линии окупятся за полгода (рис. 6).

Таким образом, опыт эксплуатации армоцементных конструкций доказывает эффективность их применения в различных регионах. Наша страна занимает одно из ведущих мест по исследованиям, проектированию и применению в строительстве. Официально изданы строительные нормы и правила на армоцементные конструкции (СНиП 2.03.03—85), пособие по проектированию армоцементных конструкций М: Стройиздат, 1989).

Вместе с тем применение армоцементных конструкций в масштабах страны могло быть более эффективным. До последнего времени их внедрение сдерживалось наличием в капитальном строительстве основных показателей отчетности по валу и стоимости, снижающих эффект от их применения, нежеланием отдельных руководителей заниматься освоением новой технологии и изготовлением нестандартного оборудования, недопониманием экономических и социальных преимуществ массового внедрения таких конструкций.

Изменения, проходящие в стране, открывают большие возможности для развития армоцементных конструкций. Эффективность от их применения — снижение расхода материалов, механизация производства сборных элементов, отсутствие в конструкциях щебня и гравия — открывает перед строительными организациями огромные перспективы. Кооперация с высокотехнологичными странами, создание совместных предприятий по исследованиям, конструктивным разработкам, изготовлению и продаже тонкостенных армоцементных конструктивных элементов — перспективный путь дальнейшего прогресса в строительстве.

К. И. ЛЬВОВИЧ, канд. техн. наук (МНИПТИ "Стройиндустрия")

## Вибропрессованная цементно-песчаная черепица

В практике зарубежного строительства среди кровельных материалов основное место занимает цементно-песчаная черепица (ЦПЧ), составляющая 2/3 общего объема производства кровельных покрытий. К основным достоинствам ЦПЧ относятся простота изготовления, невысокая стоимость, прочность, атмосферостойкость, долговечность. Изготовленная на основе цветных цементов либо с использованием пигментов, кровля из ЦПЧ является подлинным украшением дома.

Оборудование ведущих фирм для производства ЦПЧ имеет широкий диапазон технических возможностей от устройств с использованием ручных операций производительностью 1... 1,5 тыс. шт. в смену до полностью автоматизированных установок, выпускающих до 45 тыс. шт в смену.

Широко практикуются как объемное окрашивание, так и различные облицовки черепицы: напыление цветного цементного состава иногда двух цветов одновременно, фактурная отделка, в том числе посыпка гранулятом цветного песка, напыление пластмассовой эмульсии на свежесформованную поверхность и др. Выпускаются, в основном, римская, венская, альпийская черепица преимущественно красного и коричневого цветов.

Для производства ЦПЧ, в основном, используют пресс-прокатную технологию: черепица формируется на непрерывно движущейся ленте из фигурных литых поддонов, обеспечивающих формирование нижней поверхности изделия, его верхняя часть профилируется и уплотняется роликом, под которым протаскивается поддон с дозированной порцией смеси. Термообработку черепицы производят на поддонах.

Реже используют технологию вибропрессования, причем преимущественно для изготовления плоской черепицы.

К достоинствам пресс-прокатной технологии можно отнести высокую производительность агрегата, малошумность, к

недостаткам — невозможность использования особо жестких цементно-песчаных смесей, применяемых при вибропрессовании, и обеспечивающих как высокие структурные характеристики материала, так и пониженный расход цемента, необходимость изготовления поддонов из сплавов на основе алюминия точного литья, что сказывается на их себестоимости.

Особенно важно для получения качественной ЦПЧ по этому способу иметь стабильные характеристики поступающих сырьевых материалов и устойчивый технологический процесс. Такое положение имеет место в зарубежной практике, где для изготовления черепицы используют только сухие, мытые, фракционированные пески и высокоактивные чистоклинкерные цементы. Это позволяет стабилизировать технологический процесс и получать мелкозернистые смеси с постоянной удобоукладываемостью.

При производстве вибропрессованием изделий из песчаного бетона на заводах сборного железобетона России используют карьерные (речные) пески, не прошедшие обработки, с изменяющейся от партии к партии гранулометрией, загрязненностью и влажностью. Это исключает возможность массового применения пресс-прокатной технологии без предварительной подготовки заполнителей либо требует постоянной корректировки технологического процесса и контроля качества каждого изделия.

Вибропрессование не предъявляет жестких требований к составу бетона и качеству заполнителей. В отечественной практике накоплен большой опыт изготовления вибропрессованием с использованием песков, не подвергавшихся какой-либо переработке, тротуарных плит и фигурных элементов мощения — изделий, по габаритам близким к размерам черепицы, а по морозостойкости значительно превосходящим требования к ней.

В течение многих лет совершенствовались вибропрессующие станки для выпуска эле-

ментов дорожных покрытий. В настоящее время эксплуатируется устойчиво работающий высококомеханизированный агрегат ВИП-9МН.

Анализ состояния производства цементно-песчаной черепицы в отечественной и зарубежной практике показал, что имеется значительный и все усиливающийся интерес к производству черепицы в нашей стране. Все больше организаций занимаются разработкой оборудования для ее производства и, в основном, это аналоги западных технологических линий пресс-прокатного формования.

Однако до сих пор отсутствует систематический анализ возможности воспроизводства зарубежных технологий, нет стабильно работающего производства ЦПЧ (за исключением линий, использующих продукцию завода сухих смесей), отсутствие разработки по новым конструкциям черепицы.

Использование вибропрессования для изготовления ЦПЧ позволяет: избежать предварительной подготовки песков (мойки, фракционирования, сушки), формировать черепицу на плоском поддоне, получить изделие, конструктивная форма которого соответствует воспринимаемому воздействию, и, следовательно, снизить его материалоемкость; упростить технологический процесс, в том числе за счет отказа от ряда механизмов; использовать цементно-песчаные смеси большей жесткости, уменьшив расход цемента и сократив либо исключив термообработку; получить готовое изделие за одну рабочую операцию. Это, несмотря на меньшую производительность вибропрессования по сравнению с пресс-прокатом, обеспечивает значительное снижение себестоимости изделий.

При разработке конструкции вибропрессованной черепицы ставились общие задачи: конструктивная форма изделия должна обеспечивать его прочность, надежность крепления к обрешетке, ускоренный сток воды в продольном и поперечном направлениях; иметь стык, исключая протечки.

Как уже упоминалось одним из недостатков пресс-прокатной технологии является использование литевых поддонов сложной конфигурации. Помимо того, что их применение удорожает стоимость линии, необходимость в чистке, смазке, транспортировании поддонов увеличивает эксплуатационные расходы. Использование при вибро-

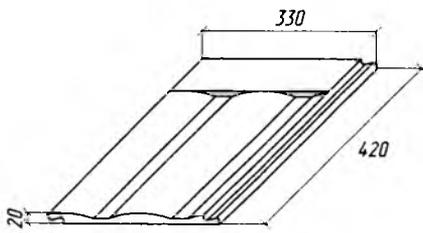


Рис. 1. Плоскочешуйчатая черепица

прессовании плоских поддонов толщиной 3 мм из стали класса ст. 3 намного упрощает производство ЦПЧ.

Разработаны две новые конструктивные формы черепицы. Первая (рис. 1), плоскочешуйчатая, представляет собой пластину, имеющую на лицевой поверхности выступы и впадины, образующие после сборки в кровельное покрытие непрерывные волны. Одной из особенностей этой черепицы является стыковое соединение изделий в продольном направлении, образованное по схеме "врубка" и препятствующее проникновению воды через стык. Поперечный шов закрыт вышележащей черепицей, что исключает попадание в него воды. ОпираНИЕ вышележащей черепицы, смещенной по отношению к нижней на половину изделия, происходит по схеме "плоское на плоское". Черепица крепится к обрешетке гвоздями через два отверстия, находящихся на плоской части изделия и перекрываемых следующим рядом при укладке.

Вторая из предлагаемых конструкций — лотковая черепица (рис. 2). Ее трапециевидное в плане очертание позволяет создать лотковую схему, обеспечивающую непроницаемость поперечного стыка. Соотношение размеров подобрано таким образом, что тот же лоток, будучи перевернутым, накрывает два соседних ряда, обеспечивая водонепроницаемость продольного стыка, а также невозможность взаимных продольных подвижек

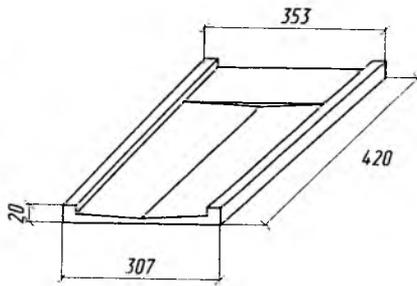


Рис. 2. Лотковая черепица

(рис. 3). Крепление лотковой черепицы осуществляется также гвоздями через отверстия на перекрываемой части изделий. Сочетание выступов и впадин лотков создает архитектурно выразительную кровлю. Формование производится на плоском поддоне.

Лотковая форма изделия делает его достаточно жестким в плоскости сечения, что позволяет впоследствии реализовать бесподдонное формование: после выпрессовки изделие можно сдвинуть непосредственно на этажерку (кассету), которая помещается в камеру для термообработки. Бесподдонное формование очень упрощает технологический процесс.

В таблице приведены основные характеристики указанных вариантов цементно-песчаной черепицы и изделий фирм "BRAMAC" (венская плоская) и "ABECE" (римская рельефная).

Проектирование состава песчаного бетона класса В30 проводили по способу, разработанному МНИПТИ "Стройиндустрия", представляющему собой алгоритм, который позволяет по экономическому критерию оптимизировать состав при удобоукладываемости бетонной смеси, максимально приближенной к возможности формуемого агрегата.

Для используемых материалов (цемент ПО "Воскресенскцемент"  $R_{ц} = 480 \text{ кг/см}^2$ , песок Тучковского карьера  $M_k =$

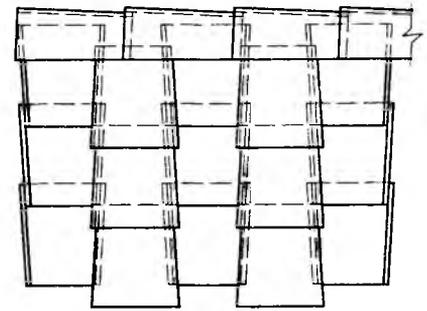


Рис. 3. Фрагмент покрытия из лотковой черепицы

$= 1,9...2$ , пигмент — редоксайд) в производственных условиях был получен следующий состав песчаного бетона в  $\text{кг/м}^3$ : Ц = 500, П = 1670, В = 176,  $P_r = 25$ . Режим тепловлажностной обработки изделий, к которым предъявляются требования высокой морозостойкости, водонепроницаемости, должен быть мягким с температурой изотермы не выше  $70^\circ\text{C}$  и режимом подъема температуры около  $20^\circ\text{C/ч}$ .

Практической задачей назначения режима тепловлажностной обработки являлось определение времени предварительной выдержки и длительности изотермического прогрева. Экспериментально длительность выдержки перед подъемом температуры устанавливали по кривым структурообразования, построенным с использованием пластимера МГУ, и оценивали для указанных выше материалов и жесткости смеси 60 с в 1,5 ч. Таким образом, режим ТВО составляет  $(1,5) + 2,5 + 6 + 1 = 11 \text{ ч}$ , в том числе в камере термообработки 8,5 ч, на территории цеха при температуре  $20^\circ - 2,5 \text{ ч}$ , что обеспечивает 70 %-ную отпускную прочность через 4 ч после обработки.

При изготовлении черепицы на вибропрессе ВИП-9МН, проведенном на установленном составе и при соответствующем режиме, не удалось получить качественных изделий. Это вызвано, в первую очередь, неравномерным уплотнением смеси по

Фирма	Масса изделия, кг	Габариты, м	Площадь изделия, $\text{м}^2$	Приведенная толщина, мм	Площадь покрытия, $\text{м}^2$	Расход на $1 \text{ м}^2$ , шт	Масса $1 \text{ м}^2$ покрытия, кг	Отношение площади изделия к площади покрытия
"ABECE"	4,7	420×330	0,138	14,2	0,1	10	47	1,4
"BRAMAC"	2,2	420×168	0,0706	13,0	0,0287	35	77	2,47
"МНИПТИ"	4,48	420×330	0,138	13,6	0,1	10	45	1,4
"Стройиндустрия"	3,54	320×330	0,138	10,7	0,1	10	36	1,4

Примечание. Над чертой — плоскочешуйчатая, под чертой — лотковая

площади изделия, что даже при соответствии черепицы требованиям по прочности приводило к ее протеканию.

Интенсивное воздействие вертикально направленными колебаниями, используемое для уплотнения изделий на ВИП-9МН, позволяет эффективно уплотнять смесь в толстых плоских пластинах (тротуарная плитка), но не обеспечивают равномерного уплотнения черепицы — тонкой пластинки переменной толщины.

Экспериментально установлено, что качество цементно-песчаной черепицы определяют четыре основных фактора: размещение смеси в матрице, давление пригруза, система вибровоздействий и жесткость перерабатываемой смеси. Систематические исследования этих факторов показали, что необходимо обеспечить такое размещение смеси в матрице, чтобы ее конфигурация перед уплотнением соответствовала форме будущего изделия. Давление от пригруза должно быть гораздо менее интенсивным, чем при формовании тротуарной плитки, чтобы позволить перемещение частиц смеси в тонкой пластине под воздействием вибрации. Целесообразно также иметь в системе колебаний горизонтальные воздействия, вызывающие продольно-поперечное перемещение смеси. Кроме того, величина воздействий должна быть значительно ниже, чем для тротуарных плит, иначе смесь переуплотняется и нарушается ее сплошность. Кроме того, необходимо несколько снизить жесткость перерабатываемых смесей по сравнению с тротуарной плиткой с тем, чтобы меньшим давлением вибропрессования обеспечить качественное уплотнение бетонной смеси. Критерием качества формования может являться достижение коэффициента уплотнения в черепице  $K_y = 0,98$ .

Возможность уменьшения

жесткости смеси до 60...70 с обеспечивается тем, что черепицу изготавливают и перемещают на поддоне, что исключает непосредственное воздействие транспортно-пакетирующих агрегатов на свежотформованное изделие.

Наиболее сложной задачей является рациональное размещение смеси в матрице, что можно решить изменением режима формования.

Для изготовления ППЧ новой конструкции был модернизирован вибропресс ВИП-9МН: удлинены колонны и поднята траверса, вибрационные воздействия прикладываются не только со стороны матрицы, но и от пуансона, изменена гидравлическая схема подачи масла к пуансону, позволяющая его опускание на смесь с давлением, меньшим, чем от собственного веса траверсы и пуансона, изменена конструкция матрицы и пуансона, а также система вибровоздействий на матрицу — вместо вертикальных колебаний приняты пространственные, содержащие горизонтальную составляющую.

Внесение указанных изменений в конструкцию вибропресса позволило провести экспериментальные работы по определению режимов формования. Цикл формования включает: установку поддона, засыпку с помощью мерного ящика дозированной порции цементно-песчаной смеси (ориентировочный коэффициент превышения объема смеси по отношению к объему изделия  $K_{пр} = 1,3$ ), опускание пуансона на смесь, вибрационное воздействие на смесь со стороны матрицы преимущественно горизонтальными колебаниями  $\omega = 50$  гц,  $A = 1,0...1,2$  мм, вибропрессование смеси (воздействие со стороны пуансона вертикально направленными колебаниями.  $A = 0,4...0,6$  мм, давление  $120$  г/см<sup>2</sup>), отрыв пуансона от смеси без выключения вибрации, отключение вибрации, вы-

прессовку изделия на поддоне, перемещение изделия с поддоном на приемный столик. Общий цикл формования не превышает 20 с.

Изготовленные в соответствии с указанным режимом образцы лотковой черепицы испытывали на прочность, водонепроницаемость, морозостойкость, причем на водонепроницаемость испытывали как изделие, так и фрагмент кровельного покрытия. По результатам 12-часовых испытаний протечек кровельного покрытия не установлено. Косвенным показателем водонепроницаемости черепицы является наличие цементного теста на поверхности изделия после формования.

Нормативная схема испытаний черепицы на водонепроницаемость, предусматривающая оценку по испытанию столбом воды в точке, недостаточна и должна быть заменена испытаниями по всей плоскости изделия, что потребовало разработки специального оборудования. Испытания на морозостойкость, как стандартные, так и проведенные на дилатометрах, подтвердили, что ЦПЧ, изготовленная вибропрессованием, успешно выдерживает 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания. По результатам механических испытаний установлено, что черепица, изготовленная из песчаного бетона класса В30, удовлетворяет требованиям по прочности.

Был изготовлен и успешно прошел испытания головной образец промышленного оборудования. В его комплекс помимо модифицированного вибропресса ВИП-9МНЧ входят поддоны из листа Ст. 3 толщиной 3 мм, передвижные стеллажи для термообработки, контейнеры для транспортирования черепицы.

Разработана нормативно-техническая документация на изделие и технологический регламент на их изготовление.

М. Н. МАРЧУКОВ, инж. (ЦНИИПИМонолит)

## Мелкозернистые бетоны, укладываемые методом "мокрого" торкретирования

В начале 60-х гг. в нашей стране был разработан и получил широкое распространение метод торкретирования предварительно затворенными мелкозернистыми бетонными смесями. Причем транспортирование смеси по материальному трубопроводу осуществляется в потоке сжатого воздуха. В настоящее время он получил название "мокрый" метод торкретирования с низкой концентрацией материала в трубопроводе.

По сравнению с ранее известным "сухим" методом торкретирования с использованием цемент-пушек он имеет следующие преимущества: простота конструкции оборудования, низкая стоимость изготовления и эксплуатации; в 2...3 раза меньшая потеря материалов на "отскок"; снижение трудозатрат на  $1 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; существенное облегчение введения различных добавок; отсутствие запыления рабочего пространства сухими составляющими смеси; исключение необходимости в просушке или увлажнении заполнителей перед использованием.

В начале 60-х гг. на Западе получил распространение "мокрый" метод торкретирования с высокой концентрацией смеси в трубопроводе. В этом случае смесь гидравлически транспортируется по трубопроводу полным сечением. Воздух для распыления подается в сопло. Этот способ по сравнению с описываемым методом имеет такие недостатки, как низкая скорость нанесения смеси и соответственно плотность уложенного бетона, высокая стоимость оборудования, повышенное на 10...15 % В/Ц, большая масса трубопровода с соплом, требующая применения специальных приспособлений, введение ускорителей охватывания смеси, повышенные эксплуатационные затраты. К преимуществам способа следует отнести более высокую производительность, меньшие расход сжатого воздуха и потери материалов на "отскок".

Недостатки этого метода привели к тому, что в течение последних пяти лет ведущие фирмы Запады, производящие обо-

рудование, предложили на рынок промежуточный вариант: воздух подается не в конце трубопровода, а в середине, т. е. приближается к рассматриваемому методу.

Для производства работ методом "мокрого" торкретирования с низкой концентрацией материала в трубопроводе используют установки "пневмобетон" различных модификаций. Одна из них показана на рис. 1. Конструкция установки позволяет прокачивать смеси с минимальным В/Ц = 0,35...0,4 без применения добавок. Часть воды затворения при дополнительном распылении смеси в сопле до 10...15 % уносится в атмосферу и В/Ц соответственно снижается.

Рассматриваемый метод торкретирования, как и другие, применяется во всех областях наземного и подземного строительства, а также в промышленности. Более высокая стоимость и трудоемкость выполнения работ по бетонированию по сравнению с традиционными методами транспортирования и укладки смесей позволяют определить рациональные области применения его в строительстве.

Применение методов торкретирования целесообразно в тех случаях, когда необходимо бетонировать строительные конструкции со сложной конфигурацией и незначительной толщины, для которых необходимы высокие расходы на изготовление опалубки, трудности с уп-

лотнением смеси вибраторами, а также в тех случаях, когда к бетону предъявляются повышенные требования по водонепроницаемости и морозостойкости. Иногда внедрение метода позволяет упростить транспортирование бетонной смеси к месту укладки. Эти причины позволили определить области применения таких конструкций: покрытия зданий и сооруже-

ний — купола, оболочки различного очертания положительной и отрицательной кривизны. Особые преимущества возникают при больших уклонах и малой толщине конструкций с высокой степенью армирования;

резервуары различного типа и назначения. В этом случае можно снизить толщину конструкции, объем опалубочных работ, исключить устройство гидроизоляционных покрытий;

плавательные бассейны различного очертания. Преимущество аналогично указанному выше, кроме того, можно выполнять работу по устройству чаши бассейна в построенных зданиях при благоприятных климатических условиях;

элементы наружных трехслойных стен жилых и производственных зданий с эффективным утеплителем. Метод позволяет возводить здания всевозможных форм, снизить толщину стен;

облицовки небольших водопропускных сооружений, таких, как каналы, искусственные русла рек, открытые хранилища для жидкостей и т. п. Бетон в таких сооружениях наносится непосредственно по уплотненному грунту. Благодаря использованию рельефа местности достигается экономия материалов;

лотки санно-бобслейных трасс, как обычных, так и искусственным льдом. В этом случае метод торкретирования является практически единственно возможным;

ограждающие конструкции

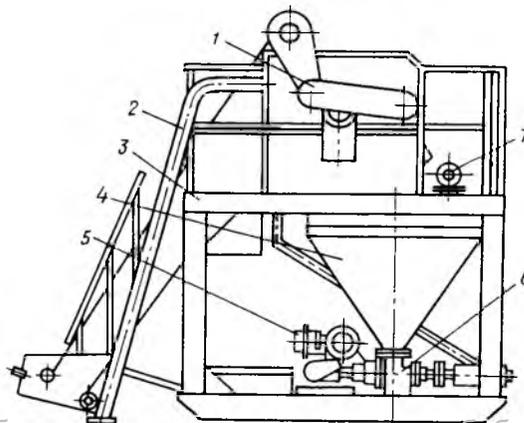


Рис. 1. Схема установки "Пневмобетон"

1 — растворосмеситель; 2 — направляющая; 3 — рама; 4 — бункер; 5 — растворонасос; 6 — приставка; 7 — виброрито

различных складов по пневматической опалубке с армированием стальными сетками или фиброармированием. Привлекает возможность быстрого возведения зданий с минимальными затратами, но требует высокой культуры выполнения работ;

армоцементные конструкции заводского изготовления — лотки водоводов, скорлупы навесных панелей стен, малые архитектурные формы, ограждения балконов и т. п.;

облицовки поверхностей тоннелей.

Имеется еще много различных областей эффективного применения метода торкретирования при возведении несущих конструкций, тем не менее целесообразно выполнять технико-экономический анализ с подсчетом всех затрат при сравнении с обычными методами бетонирования.

Метод торкретирования используют при устройстве защитных покрытий на поверхностях из различных материалов. Покрытия наносят тонкими слоями по 5...10 мм общей толщиной до 50 мм на бетонные, каменные, кирпичные, стальные и другие поверхности для улучшения их физико-механических характеристик и защиты от внешних воздействий. Это позволит придать водонепроницаемость различным сооружениям (резервуарам, плавательным бассейнам, градириям и т. п.); защитить откосы скальных пород и грунта от выветривания, размораживания, повреждения текущей водой, а также для скрепления камней на склонах; защитить от коррозии кольцевую преднапряженную арматуру цилиндрических емкостей; обетонировать стальные поверхности элементов каркаса сооружений, металлических облицовок, стальных резервуаров для повышения их огнестойкости; устроить отделочные декоративные покрытия с использованием цветных цемента и заполнителей; нанести износостойкие слои с использованием стальной фибры в местах интенсивного механического воздействия; защитить конструкции от агрессивной среды.

В последние годы значительно возросло число поврежденных железобетонных конструкций от коррозии, вызванной различными причинами — химической агрессией, некачественным выполнением работ, ошибками в проектировании составов бетонной смеси, повреждениями от стихийных бедствий и механических воздействий. Применение

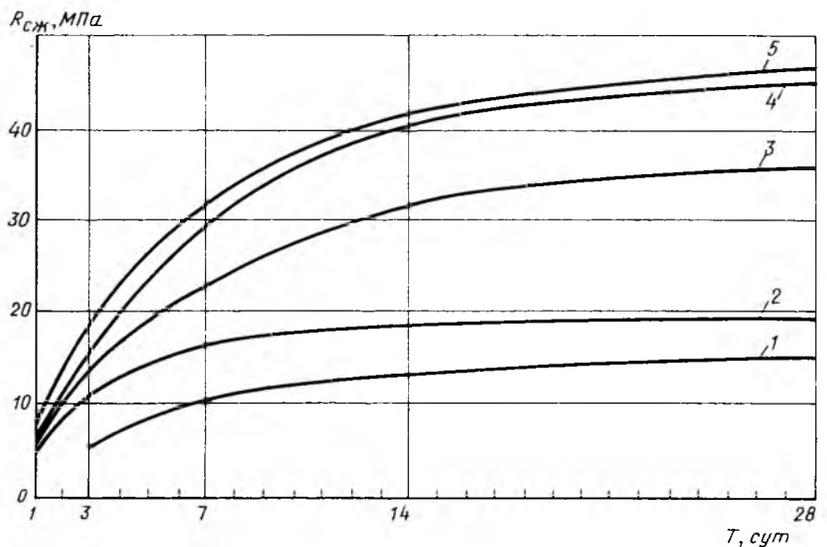


Рис. 2. Нарастание прочности тяжелого мелкозернистого бетона состава 1:3  
1 — без добавки; 2 — с добавкой 10 % микрокремнезема; 3 — с добавкой 10 % микрокремнезема и 2 % С-3; 4 — с добавкой 15 % микрокремнезема, 2 % С-3; 5 — с добавкой 18 % микрокремнезема, 2 % С-3

ние торкретирования для ремонта и усиления поврежденных конструкций является наиболее эффективным, а часто и единственным возможным методом.

Для усиления можно использовать такие конструкции, как силосные банки зерновых элеваторов, стены бункеров для хранения угля и других сыпучих материалов, элементы каркасов зданий и сооружений (колонны, балки, плиты перекрытий, опоры и пролетные строения мостов, эстакад), здания, поврежденные землетрясением.

Примером ремонта железобетонных конструкций могут быть оболочки градириен электростанций, стены речных шлюзов, мосты, резервуары.

Для устройства покрытий различного типа рекомендуется применять безусадочный цемент или смесь обычного с расширяющимся цементом. Вид цемента выбирают исходя из требований, предъявляемых к обычному тяжелому бетону в зависимости от условий работы конструкции и внешней среды. Не рекомендуется применять низкомарочные цементы. При замоноличивании стыков сборных конструкций следует использовать расширяющийся и напрягающий цементы.

В качестве заполнителя для бетонирования несущих конструкций применяют пески с  $M_k = 2,1...2,7$ , для устройства покрытий с  $M_k = 1,5...2$ , имеющие непрерывную гранулометрию. Пески, не удовлетворяющие этим требованиям, необходимо обогащать: в мелкие до-

бавлять мелочи фракции 3...10 мм в количестве до 40 % общей массы заполнителя. В крупные пески с  $M_k = 2,8$  необходимо

добавлять мелкие. Оптимальное содержание различных заполнителей необходимо уточнить опытным путем, учитывая результаты физико-механических испытаний бетона, измерения потерь материалов на "отскок" и возможности оборудования по их перекачиванию.

Метод торкретирования позволяет использовать всевозможные виды добавок: суперпластификаторы, латексы, противоморозные, минеральные, пигменты, ускорители схватывания и твердения и др. Эффективность их действия с конкретными видами цемента, выбор оптимального количества, совместимость действия различных добавок необходимо проверить лабораторным путем и на практике.

Подбор составов мелкозернистых бетонных смесей для торкретирования методом "пневмобетон" выполняется в соответствии с общими правилами. Необходимо учитывать следующие дополнения: подвижность смеси при загрузке в установку должна составлять 6...8 см осадки конуса СтройЦНИЛа, подвижность смеси, прошедшей через сопло, будет соответственно составлять 2...3 см за счет уноса сжатым воздухом части воды затворения при распылении смеси в сопле; состав смеси необходимо откорректировать с учетом потерь материалов на "отскок".

В последнее время в ЦНИИНИМонолит проводили

опытно-экспериментальные исследования по проектированию составов мелкозернистых бетонных смесей с различными эффективными добавками и проверку их эффективности в производственных условиях.

Для обеспечения непрерывности работы по бетонированию конструкций, снижения потерь материалов на "отскок" была проверена эффективность введения добавки-ускорителя схватывания и твердения бетонной смеси. В качестве такой добавки был выбран спек алюмината и феррита натрия ( $2\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ ) — порошкообразный промежуточный продукт производства глинозема. Результаты исследований показали, что введение 3 % этой добавки на 12 мин сокращает срок схватывания, конечная прочность в возрасте 28 сут при введении до 2,5 % добавки не снижается, суточная прочность в 2 раза выше, чем у контрольных образцов. Введение такой добавки потребовало разработки специального оборудования для равномерного дозирования и введения ее в сопло, располо-

женное на конце трубопровода.

Большую эффективность показало применение комплексной добавки, включающей микрокремнезем ( $\text{SiO}_2$ ) и суперпластификатор С-3 в виде порошка, присутствуя постоянно в количестве 2 % массы цемента. Результаты прочностных испытаний образцов на сжатие  $R_{сж}$  приведены на рис. 2. Анализ графической зависимости показал, что введение 15 % микрокремнезема позволяет в 4...4,5 раза повысить прочность на сжатие; увеличение количества добавки микрокремнезема свыше 15 % не дает заметно повысить прочность; введение С-3 позволяет снизить В/Ц в смеси до 0,3 и резко сократить сроки схватывания.

Для повышения трещиностойкости, прочности на растяжение, износостойкости совместно с Макеевским инженерно-строительным институтом была разработана технология "мокрого" торкретирования с применением стальной фибры диаметром 0,4 и длиной 25 мм с различным покрытием — латуниро-

ванным и оцинкованным. В результате технологических экспериментов по удобоперерачиваемости смесей питателем установки "пневмобетон" и нанесению их на поверхности определено максимально возможное количество вводимой фибры (100 кг на  $1 \text{ м}^3$  бетонной смеси) и разработаны оптимальные составы смеси. Результаты испытаний образцов мелкозернистого бетона с добавкой фибры в диапазоне 30...60  $\text{кг}/\text{м}^3$  показали небольшой (на 10 %) рост прочности на сжатие, в 2,5 раза рост прочности на растяжение при изгибе. Разработанная технология в настоящее время используется при усилении железобетонных конструкций объектов коксохимического производства в Донецкой обл.

На основе выполненных исследований ЦНИИПИМ монолит разрабатывает проектно-технологическую документацию на строительство коттеджей методом "мокрого" торкретирования с трехслойными наружными стенами. Первый такой дом построен в 1991 г. в Москве.

## Теория

УДК 624.012.45:531.23

С. М. СКОРОБОГАТОВ, член-корр. РААСН, проф., д-р техн. наук, (УЭМИИТ, Екатеринбург)

## Основы теории катастроф для расчета крупноразмерных конструкций

Повышение безопасности уникальных объектов связано с разработкой комплексных и системных подходов, включающих вероятностные и детерминированные методы для предсказания катастроф. Нами сделана попытка объединить вероятностный энтропийный подход к накоплению повреждений, характеризующий степень развития и приближения к катастрофе, с детерминистским подходом по определению предельного состояния конструкции.

Обыденное понимание катастрофы связано с социально-экономическим аспектом. С развитием прикладной математической теории катастроф появилась их классификация с набором

отличительных признаков для распознавания катастрофы [1]. Катастрофами называют скачкообразные изменения, возникшие в виде внезапного ответа на плавное изменение внешних условий. Аттракторами, очагами катастрофы, являются наиболее слабые места в бетонных массивах из-за сильного рассеивания свойств внутри отдельной конструкции. Предвестником катастрофы служит процесс трещинообразования, который стохастически более надежен, чем деформативность или прочность бетона.

При наличии двух управляющих параметров — нагружения и трещинообразования — следовало бы обратиться к одной из

известных элементарных видов катастроф — сборке [1]. Однако разрывные явления почти не описываются традиционными методами, поэтому пришлось прибегнуть к методам информационной энтропии [2].

Отрывная модель прочностной структуры бетона означает, что реальный материал разделен трещинами на зерна, группы зерен или блоки в зависимости от размеров тела. Эта псевдозернистая среда представляется в виде совокупности прочных зерен и тонких связей случайных размеров [3, 4]. Наличие слабых связей между прочными зернами является основной причиной резкого различия между теоретической прочностью материала зерна и реальной прочностью твердого тела. Низкое отношение  $R_{bt}/R_b=0,05...0,1$  является общим показателем дефектности структуры для бетона и горных пород. С увеличением абсолютного размера конструкции повышается вероятность возникновения объемов бетона с пониженной прочностью на растяжение.

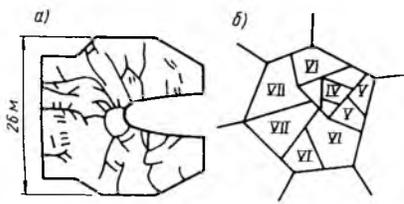


Рис. 1. Возрастающая иерархия в трещинообразовании в бетонном (а) (по данным Л. П. Трапезникова) и в горном (б) массивах (по данным В. А. Петрова)

Физическая основа теории катастроф — это возрастающая иерархия в трещинообразовании в зависимости от увеличения размера конструкции. Для бетона переход к более крупным трещинам — это результат чередования двух основных состояний: хрупкого и псевдопластического [3]. На основании работ [3, 4] и др. можно заключить, что в механике разрушения бетона с размерами поперечного сечения 0,3 м и более характерны трещины трех и более высоких порядков — миллиметры, сантиметры, десятки сантиметров и т. д. соответственно зернам, совокупности зерен или блокам.

В процессе трещинообразования и разрушения образца наблюдается полимодельное распределение длины трещин. Наличие трех или более мод подтверждает многосвязный механизм трещинообразования. Необходимо обратить внимание на свойство иерархической вложенности блоков не только в бетонных массивах, но и в горных породах (рис. 1).

Исследования по структурной геофизике (М. А. Садовский, А. В. Друмя, Н. В. Шебалин, В. А. Петров и др.) и по железобетонным балкам и сооружениям (К. А. Мальцов, А. В. Караваев, Е. Н. Пересыпкина, Н. Г. Стулий, С. С. Гордон, Ю. Г. Хакутин, Л. Б. Мойжес, Л. И. Иосилевский, Л. П. Трапезников, А. И. Матаров, Л. С. Snowdon, J. Goto, F. Labib, A. D. Edwards, A. W. Veeby и др.) могут предложить следующие уровни иерархии в трещинообразовании и соответствующие им размеры блоков: II — 8\*; III — 8...30; IV — 0,3...1; V — 1,0...3,5; VI — 3,5...12; VII — 12...42 и VIII уровень — 42...147 м.

Значение коэффициента интенсивности напряжений  $K_{IC}$

для мезотрещины 8 см и более сохраняется постоянным, когда теория подобия для бетона не сохраняется. Значение перескока в 3,5 раза взято под влиянием работ для горных массивов акад. М. А. Садовского и его коллег.

Математическая основа теории катастроф — это применение информационной энтропии для раскрытия структурной неопределенности в трещинообразовании. Если число разрушившихся связей между структурными образованиями трактовать как число сигналов от разрушившихся связей, то открывается принципиальная возможность использования информационной энтропии  $H$  по К. Э. Шеннону.

Для перехода к интерпретации непрерывного процесса трещинообразования и разрушения бетона с энтропийной точки зрения чрезвычайно важны два следующих положения. Первое — это признание локальности разрушения связей между зернами бетона по [3]. Таким образом, доказывается принципиальная возможность использования теории и формул К. Э. Шеннона для независимых сообщений в информационной энтропии, как мера неопределенности сообщений данного источника информации. Второе положение, чрезвычайно важное с точки зрения вида информационной энтропии формулы К. Э. Шеннона, — это признание определенного числа характерных размеров трещин и соответственно уровней структуры: например, микроструктура (включая субмикроструктуру) с характерным размером зерна 1 мм, мезоструктура — 10 мм и макроструктура — 100 мм. Макроструктура соответствует сквозным трещинам. Трехступенчатая структура связана с масштабным эффектом и верна для конструкций сечением не более 0,3 м. С учетом работ [3, 4] можно заключить, что имеются три последовательных режима в механизме образования трещин в бетоне.

Таким образом, для трехступенчатой иерархии в трещинообразовании информационная формула К. Э. Шеннона должна обладать свойством троичного сообщения и иметь вид

$$H_i = P_1 \log_2 P_1 \log_2 P_2 - P_3 \log_2 P_3,$$

при  $\sum P_i = 1$ . Здесь  $P_1 \dots P_3$  — вероятность разрушения соответственно микро-, мезо- и макроструктуры бетона.  $H_i$  изменя-

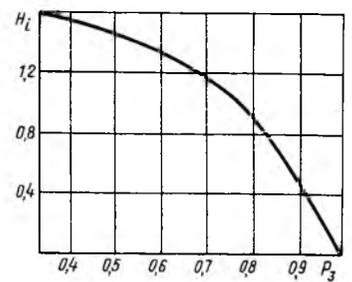


Рис. 2. Снижение информационной энтропии  $H_i$  в зависимости от вероятности развития мезотрещины  $P_3$  (пример снижения структурной неопределенности по мере проявления картины трещинообразования)

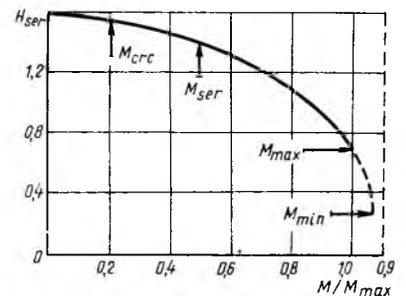


Рис. 3. Понижение критерия  $H_{ser}$  по мере нагружения конструкции и снижения неопределенности в картине трещинообразования

ется от максимального значения, равного 1,585 до нуля. Максимальное значение  $H_i = 1,585$  существует при  $P_1 = P_2 = P_3 = 0,333$ , а минимальное  $H_i = 0$  при  $P_1 = P_2 = 0, P_3 = 1$ , т. е. при 100 %-ной вероятности развития сквозных трещин. Конец разрушения характеризуется  $H_i = 0$ , когда неопределенность в факте разрушения равна нулю. Таким образом, по мере приближения к разрушению трудность прогноза или проблематичность в оценке разрушения полностью исчезает.

По значению и характеру изменения информационная энтропия  $H_i$  (рис. 2) может служить теоретическим прототипом к раскрытию структурной неопределенности для твердого пористого неоднородного тела. Кривая  $H_i$  удовлетворительно совпадает с относительным изменением в прочности на растяжение  $R_{bt}$  для крупных объемов (из опытов К. А. Мальцова и А. В. Караваева) [5] и совпадает с кривой предельного соотношения (рис. 3).

Проектная основа теории — обоснование понятия предельного состояния  $H_{ser}$  железобетонных конструкций как конкретного детерминированный

\* Размер блока 8 см с соответствующей мезотрещиной принят на основании исследований Е. Н. Пересыпкина.

остаточный ресурс (в битах) в конструкции в результате иерархического (чередующегося постепенного и внезапного) накопления повреждений с сильным стохастическим характером проявления.

Напряженно - деформированное состояние бетона сжатой и растянутой зон по мере развития трещин и, следовательно, предельное состояние изгибаемых элементов предлагается определять новым критерием [6, 7]

$$H_{ser} = \sigma_{bc} \xi_{bt} / R_{bt} \xi_c,$$

где  $\sigma_{bc}$  - напряжение в крайнем +. \*. % a & b.) ' . - k;  $R_{bt}$  - прочность бетона на растяжение;  $\xi_c, \xi_{bt}$  - относительная высота сжатой и растянутой зон бетона в сечении. Величины  $\sigma_{bc}$  и  $\xi_c, \xi_{bt}$  определяются с помощью точного метода расчета, предельного автором с учетом действительных диаграмм работы арматуры и бетона [7].

Начало появления трещин характеризуется  $H_{ser} = 1,5 \dots 1,6$ , и безопасность по предельному состоянию  $H_{ser} = 1,37$ , нормативный момент  $H_{ser} = 1,3$ , расчетный момент (по СНиП 02.03.01-84)  $H_{ser} = 1,23$ , момент по текучести арматуры  $H_{ser} = 0,87$ , момент по разрушению сжатой зоны с учетом нисходящей ветви  $H_{ser} = 0,26$  (см. рис. 3). Конец разрушения характеризуется  $H_{ser} = 0$ , т. е. когда неопределенность по разрушению исчезает.

Расчет на предельное состояние означает проверку сжатых зон достаточно армированных

изгибаемых элементов на продольную трещиностойкость. Применение критерия  $H_{ser}$  очень удобно при обследовании поврежденных конструкций, поскольку ширина и высота раскрытия трещин в конечном итоге определяют их состояние.

Совпадение кривых изменения  $H_i$  и  $H_{ser}$  позволяет использовать информационную энтропию  $H_i$  для предсказания уровня иерархии в трещинообразовании и подсказать методику снижения расчетного сопротивления  $R_{bt}$  для крупноразмерных конструкций.

Например, при расчете крупноразмерной железобетонной гидротехнической плотины возможна пятиступенчатая структура образования трещин в бетоне. При этом максимальное значение  $H_i = -\sum_1^5 P_i \log_2 P_i = 2,319$

существует при  $\sum_1^5 P_i = 1$ , т. е. при  $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = 0,2$ . Следовательно, расчетное сопротивление на растяжение бетона  $R_{bt}$  необходимо уменьшить в  $H_5/H_3 = 2,319/1,585$  раз. Здесь  $H_3 = 1,585$  - трехступенчатый механизм образования трещин, соответствующий наиболее распространенным конструкциям, который принимается за базу вычислений. Такой подход может сильно повлиять на результаты расчета по всем группам предельных состояний. Уточненное значение критерия  $H_{ser}$  необходимо для предсказания состояния конструкции, уточнения коэффициента надежности,

учитывающего степень ответственности, капитальности сооружения и значимости последствий при наступлении предельных, катастрофических состояний.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гилмор Р. Прикладная теория катастроф. В 2 кн. - М.: Мир. - 1984. Кн. 1 - 285 с., кн. 2 - 350 с.
2. Сигорский В. П. Математический аппарат инженера / Справочник. - Киев: Техника, 1975. - С. 735-740.
3. Холмянский М. М. Контакт арматуры с бетоном. - М.: Стройиздат, 1981. - 184 с.
4. Зайцев Ю. В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения. - М.: Стройиздат, 1982. - 196 с.
5. Пересыпкин Е. Н. Расчет стержневых железобетонных конструкций. - М.: Стройиздат, 1988. - 168 с.
6. С. М. Скоробогатов. Структурная неопределенность и информационная энтропия для предсказания работоспособности предварительно напряженных и ненапряженных конструкций // Доклад к XI Междунар. конгр. FIP. - Свердловск: УЭМИИТ. - 1989. - С. 29.
7. Руководство по расчету железобетонных конструкций на основе теории катастроф (защитные оболочки атомных реакторов, мосты, башни, здания, емкости на шельфе и т. п.). Свердловск: УЭМИИТ. - 161 с.

## Информация

### АССОЦИАЦИЯ "ЖЕЛЕЗОБЕТОН"

Бетону и железобетону принадлежит важнейшая роль в повышении технического уровня и индустриализации строительства в России. В 1991 г. объем производства сборного железобетона в стране составил 80 млн. м<sup>3</sup>, в том числе преднапряженных конструкций и изделий 20 млн. м<sup>3</sup>, из легких и ячеистых бетонов более 15 млн. м<sup>3</sup>. Объем применения монолитного бетона и железобетона составил около 60 млн. м<sup>3</sup>. Несмотря на спад производства (до 50 % в 1 квартале 1993 г. по сравнению с 1 кварталом 1991 г.) бетон и железобетон

среди других строительных материалов по-прежнему занимают доминирующую позицию.

Общими предпосылками к широкому использованию бетона являются повсеместное наличие исходных материалов, экологическая рациональность использования отходов промышленности в качестве сырья для цемента и заполнителей. Номенклатура сборных железобетонных конструкций массового производства в настоящее время обеспечивает основные потребности капитального строительства.

Из сборного и монолитного

железобетона возводится наибольший объем зданий и сооружений современного строительного комплекса: массовые конструкции для жилых и общественных зданий, производственные здания различного назначения, мосты пролетами в несколько сот метров, небоскребы и телевизионные башни высотой 300 м и более, платформы для морской добычи нефти и газа, корпуса реакторов и защитные оболочки АЭС и т. п.

Во всем мире специалисты по бетону и железобетону объединены в профессиональные ассоциации. Так, в США научно-

производственных ассоциаций только в области бетона и железобетона насчитывается около 20. Среди них ассоциации изготовителей сборного железобетона, товарного бетона, вермикулита, вспученного сланца и глины, арматурной стали, порландцемента и т. п. Профессиональные ассоциации имеются и в других странах, в том числе во Франции — Ассоциация по бетону, Ассоциация по преднапряженному железобетону, в Великобритании — Ассоциация цемента и бетона, в Германии — Бетонный союз, в Японии — Общество по технике бетонных работ и т. д.

Ассоциации существуют на отчисления от организаций и отдельных специалистов отрасли — коллективных и индивидуальных членов, которые в обмен имеют возможность получать новейшую информацию в этой области.

Ассоциация "Американский институт бетона" объединяет более 18 тыс. индивидуальных членов и имеет в структуре около 200 научных комитетов. Члены института в рамках тематических комитетов разрабатывают нормы проектирования железобетонных конструкций, институт издает три периодических журнала, информационные проспекты, ежегодно проводит две научные сессии, организует семинары по повышению квалификации специалистов, участвует в организации различных международных конференций и симпозиумов с международными организациями по строительству ФИП, ЕКБ, РИЛЕМ и т. д. Авторитет института настолько высок, что создаваемые им документы практически имеют силу национальных норм. Американский институт преднапряженного железобетона объединяет 150 заводов сборного железобетона, 300 проектно-конструкторских организаций, несколько тысяч индивидуальных членов.

В текущем столетии были учреждены международные организации по строительству, которые имеют прямое отношение к железобетону. Главные из них — Международная федерация по железобетону — ФИП (50 стран), Евромеждународный комитет по бетону — ЕКБ (70 стран), Международный союз лабораторий по испытанию материалов и конструкций — РИЛЕМ (80 стран). Кроме того, проблемы бетона и железобетона занимают видное место в деятельности таких организаций, как Международная ассо-

циация по мостам и строительному инженерингу — АИПК (70 стран), Международная ассоциация по пространственным конструкциям — ИАСС (37 стран), Международная организация по стандартизации — ИСО (более 100 стран), Международный совет по строительству — МСС (около 60 стран) и др. Во всех перечисленных организациях принимали участие специалисты нашей страны. Были созданы и успешно работали отечественные национальные комитеты, представлявшие бывш. СССР в этих организациях. Так, национальный комитет ФИП имеет в настоящее время 13 филиалов и 12 рабочих групп в различных странах СНГ.

В международных организациях по строительству общественные ассоциации профессионалов участвуют наряду с правительственными структурами.

Сессии профессиональных ассоциаций за рубежом проводятся минимум раз в год, сопровождаются большим числом мероприятий, облегчающих личные контакты (выставки, обязательные списки участников с адресами, стендовые доклады, увеселительные мероприятия и т. д.), доклады обогащаются иллюстративным материалом, на выставках представлено огромное число рекламных проспектов, буклетов, брошюр, сувениров и т. д.

Настало время для создания аналогичной общественной организации и в России, в которую войдут и национальные комитеты ФИП, ЕКБ и РИЛЕМ, объединяющие значительный коллектив активных специалистов.

Ассоциация "Железобетон" зарегистрирована в Министерстве юстиции России.

Главной задачей ассоциации "Железобетон" является объединение широкого круга специалистов в общественную научно-техническую организацию по профессиональным интересам с целью формирования общественного мнения и политики по направлениям инженерной деятельности в совершенствовании бетона и железобетона, координации научных исследований и международного научно-технического сотрудничества.

Деятельность ассоциации "Железобетон" осуществляется в соответствии с действующим законодательством и уставом, строится на принципах независимости, добровольности, самоуправления и гласности.

Ассоциация является юри-

дическим лицом: она обладает обособленным имуществом, имеет эмблему и наименование, фирменные бланки, печати и другие реквизиты.

Ассоциация не преследует цели извлечения прибыли, а полученные из любых источников средства направляет только на осуществление уставных целей и задач и не распространяет между членами в качестве их доходов.

Ассоциация является межрегиональной общественной организацией, которая включает аналогичные существующие и вновь организуемые региональные структуры (филиалы, отделения, рабочие группы и т. п.), которые в своей деятельности должны руководствоваться уставом.

Основными направлениями деятельности ассоциации является содействие прогрессу в области бетона и железобетона, расширение профессиональных контактов между специалистами в этой области.

Для выполнения уставных целей ассоциация поощряет активность и инициативу отдельных организаций и специалистов; участвует в координации направлений научно-технической деятельности в области бетона и железобетона, в издании профилирующих научно-технических журналов, в проведении международных и региональных конференций по бетону и железобетону и в дискуссиях с привлечением инженерной общественности; проводит специализированные симпозиумы и семинары; организует общественные дискуссии по проектам основных нормативных документов в области бетона и железобетона и разработку рекомендательных документов по новым областям применения бетона и железобетона; содействует освещению средствами массовой информации передового отечественного и зарубежного опыта в своей области; участвует в проведении общественных и специализированных отечественных и зарубежных выставок и ярмарок по пропаганде и реализации новейших разработок, в работе международных организаций в области бетона и железобетона; выдвигает представителей на официальные посты (выборные или штатные) в международные организации, на руководство технических комиссий, рабочих групп и т. д., а также специалистов на награждение международными организациями.

Членство в ассоциации может быть индивидуальным и кол-

лективным. Коллективными членами ассоциации могут быть трудовые коллективы научно-исследовательских учреждений, проектных и конструкторских организаций, производственных предприятий и организаций, высших учебных заведений, других общественных структур. Все члены ассоциации объединяются, как правило, комитетами и филиалами на региональном уровне.

Члены ассоциации принимают участие в ее работе лично и через полномочных представителей. Они имеют право: избирать и быть избранными в руководящие органы ассоциации; участвовать в голосовании с правом решающего голоса на конференции членов ассоциации; пользоваться ее услугами и иметь доступ к любой имеющейся в ассоциации информации; образовывать внутри ассоциации филиалы, отделения, рабочие группы и другие формирования, отвечающие их интересам и специфике решаемых задач; вносить на рассмотрение органов ассоциации предложения, входящие в круг ее деятельности, и участвовать в обсуждении этих вопросов; получать информацию о готовящихся к проведению международных и региональных конференциях, симпозиумах, выставках, ярмарках по бетону и железобетону, изданиях международных организаций или информацию об этих изданиях.

Прием в члены ассоциации производится Президиумом ассоциации на основании письменного заявления. Членство в ассоциации наступает с момента уплаты членских взносов. Член ассоциации может добровольно выйти из нее, подав Президиуму письменное уведомление, которое вступает в силу через 3 мес со дня его подачи.

Членство в ассоциации может быть прекращено решением со-

вета, если деятельность данного члена противоречит уставу ассоциации и (или) наносит ущерб ее деятельности, а также при неуплате членских взносов.

Вышим органом ассоциации является конференция, в компетенцию которой входят утверждение устава и вносимых в него изменений, положения о Ревизионной комиссии и вносимых изменениях; избрание сроком на пять лет совета ассоциации, президента и Ревизионной комиссии; утверждение отчетов совета и Ревизионной комиссии; определение основных направлений деятельности ассоциации. Конференция ассоциации созывается не реже одного раза в пять лет.

В период между конференциями руководство ассоциации осуществляет совет, который собирается не реже одного раза в год. На нем решаются вопросы членства в ассоциации, а также основные организационно-технические и финансовые вопросы.

Между заседаниями совета текущей деятельностью ассоциации руководит Президиум совета, который собирается не реже одного раза в квартал.

Президент ассоциации представляет ее в отношениях с отечественными и иностранными юридическими и физическими лицами, представляет отчетный доклад о деятельности ассоциации за год; назначает и освобождает от должности технических работников ассоциации, осуществляет иные действия, возложенные на него конференцией или исходящие из определения властных полномочий по действующему законодательству.

Ученый секретарь — член совета руководит планированием, информационной деятельностью и делопроизводством.

Один раз в год ассоциация проводит научно-техническую

сессию, на которой, как правило, рассматриваются два вопроса — международная практика применения бетона и железобетона в строительстве и научно-технический прогресс внутри страны. Сессии проводятся в различных городах. Деятельность ассоциации систематически освещается в профилирующих журналах.

Мы призываем трудовые коллективы предприятий и организаций, работающих в области исследования, проектирования, производства и применения бетонных и железобетонных конструкций, а также отдельных специалистов вступать в качестве коллективных и индивидуальных членов в ассоциацию "Железобетон".

На момент учреждения ассоциации для коллективных членов установлен размер годового взноса в 50 тыс. р., для индивидуальных — 1000 р. Совет ассоциации может пересматривать размер годовых взносов с учетом экономической ситуации.

Адрес ассоциации "Железобетон": 109428 Москва, 2-я Институтская ул., 6. Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ).

**А. В. Забегаев,**  
**А. С. Залесов, Б. А. Крылов,**  
**С. А. Мадатян,**  
**Н. А. Маркаров,**  
**К. В. Михайлов,**  
**Г. В. Мурашкин,**  
**Р. Л. Серых, доктора техн.**  
**наук, профессора;**  
**Ю. С. Волков,**  
**В. В. Габрусенко,**  
**Г. А. Денисов,**  
**В. Г. Крамарь,**  
**Т. И. Мамедов,**  
**Г. М. Спрыгин, кандидаты**  
**техн. наук**

## **ВНИМАНИЮ СПЕЦИАЛИСТОВ!**

**17–18 ФЕВРАЛЯ 1994 Г.**

**в НИИЖБе Госстроя России**

**состоится**

**конференция новой  
общественной межрегиональной ассоциации  
"Железобетон", на которой будут рассмотрены  
следующие вопросы:**

- **ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ АССОЦИАЦИИ "ЖЕЛЕЗОБЕТОН" И ЕЕ УЧАСТИЕ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В ОБЛАСТИ БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА;**
- **УТВЕРЖДЕНИЕ РУКОВОДЯЩИХ ОРГАНОВ АССОЦИАЦИИ "ЖЕЛЕЗОБЕТОН"; РАССМОТРЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ "РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПЕРИОД ДО 2005 Г." С ЗАСЛУШИВАНИЕМ ДОКЛАДОВ ВЕДУЩИХ УЧЕНЫХ;**
- **О ПОДДЕРЖКЕ ИЗДАНИЯ ЖУРНАЛА "БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН".**

**Приглашаем принять участие в конференции ассоциации "Железобетон" специалистов и представителей организации, работающих в области бетона и железобетона.**

**ЗАСЕДАНИЯ БУДУТ ПРОХОДИТЬ  
В КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛЕ НИИЖБА ПО АДРЕСУ:  
МОСКВА, 2-Я ИНСТИТУТСКАЯ УЛ., Д. 6.  
ПРОЕЗД: М. "РЯЗАНСКИЙ ПРОСПЕКТ",  
АВТ. 29, 143, 160, 169, ТР. 63  
ДО ОСТ. "ИНСТИТУТ БЕТОНА".**

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ МОЖНО  
ПОЛУЧИТЬ ПО ТЕЛ.: 174–88–91.**

**Гостиницей и билетами (железнодорожными и авиационными)  
оргкомитет не обеспечивает.**

**Оргкомитет**

УДК 691.327:666.972.55-128

Шейнин А. М., Якобсон М. Я. **Высокопрочные мелкозернистые бетоны с суперпластификатором С-3 для дорожного строительства** // Бетон и железобетон. – 1993. – № 10. – С.

Показано, что применение добавки С-3 вместо ЛСТ позволяет снизить на 13...15 % водопотребность бетонной смеси. При этом возможная экономия цемента в мелкозернистых бетонах с прочностью на растяжение при изгибе от 5 до 10...12 МПа составляет от 15...20 до 8...10 % в зависимости от жесткости бетонной смеси.

Выявлено, что добавка СНВ модифицирует воздушную фазу мелкозернистого бетона различного типа и позволяет в зависимости от В/Ц получить высокопрочные мелкозернистые бетоны высокой морозостойкости по II и III методам испытаний ГОСТ 10060. – Ил. 3, табл. 2. – Библиогр.: 3 назв.

УДК 691.327:666.9-128.002.6

Кузин В. Н., Королев К. М., Шкляр-ва А. И. **Технология и оборудование для производства мелкоштучных изделий из мелкозернистого бетона** // Бетон и железобетон. – 1993. – № 10. – С.

Приведен опыт разработки технологии и оборудования для приготовления строительной смеси и изготовления мелкоштучных каменных изделий по роликовой технологии. Указаны технические характеристики смесителей и машин для роликового формования. Обобщен опыт производства изделий. – Ил. 2, табл. 2.

УДК 691.327:666.9-128

Чистов Ю. Д. **Концепция создания неавтоклавных бетонов на основе пылевидных песков** // Бетон и железобетон. – 1993. – № 10. – С.

Рассмотрены теоретические положения создания прочных и долговечных неавтоклавных бетонов без крупного заполнителя на основе пылевидных полиминеральных песков путем направленного регулирования количественного и вещественного соотношения молотой и немолотой частей цементно-известково-песчаной композиции. Установлены зависимости расхода цемента, прочности и усадки бетона от количественного отношения компонентов рабочей смеси, что позволяет оптимизировать составы бетонных смесей и прогнозировать строительные свойства песчаных бетонов. – Ил. 2. – Библиогр.: 3 назв.

УДК 691.327:666.9-128(470.23)

Миронков Б. А., Стерин В. С. **Мелкозернистый бетон в гражданском строительстве Санкт-Петербурга** // Бетон и железобетон. – 1993. – № 10. – С.

Рассматривается комплекс вопросов, связанных с применением в строительстве Санкт-Петербурга конструкций из мелкозернистого бетона. Охватываются различные аспекты проблемы, связанной с научными исследованиями, проектированием конструкций, разработками технологии их изготовления и массовым внедрением конструкций из мелкозернистого бетона в строительстве. – Ил. 6.

УДК 666.97:035.51

Минаков Ю. А., Данилов Н. Н., Наумов С. М. **Режимы кондуктивного нагрева бетона с применением технических средств на основе низковольтных термоэлементов** // Бетон и железобетон. – 1993. – № 10. – С.

Изложена методика проектирования режимов кондуктивного нагрева бетона с применением технических средств на основе низковольтных термоэлементов в технологии монолитного и сборного железобетона. Приведены инженерная методика расчета с применением ЭВМ потребной мощности технических средств, номограмма оперативного назначения их мощности в производственных условиях и методика пользования ею в теории и на практике кондуктивного нагрева бетона на основе низковольтных термоэлементов. – Ил. 3. – Библиогр.: 4 назв.

УДК 624:012.45:531.23

Скоробогатов С. М. **Основы теории катастроф для расчета крупноразмерных конструкций** // Бетон и железобетон. – 1993. – № 10. – С.

Показано, что для твердых пористых неоднородных тел типа бетона, гранита характерна возрастающая иерархия в трещинообразовании в зависимости от размера тела или конструкций. Раскрытие неопределенности в картине образования и развития микро-, мезо- и макротрещин описывается с помощью информационной энтропии  $H_i$  по К. Е. Шелтону. Опасный процесс развития трещин следует контролировать с помощью критерия предельного состояния конструкции и уточнения расчетных сопротивлений по всем группам предельных состояний. – Ил. 3. – Библиогр.: 7 назв.

Редакционная коллегия: В. И. Агаджанов, Ю. М. Баженов, В. Г. Батраков, Н. Л. Биеев, В. М. Бондаренко, А. И. Буракас, В. В. Гранев, П. А. Демянок, В. Г. Довжик, Ф. А. Иссерс, Б. И. Кормилицын, Р. Л. Маилян, К. В. Михайлов, Т. М. Пецольд, В. А. Рахманов, И. Ф. Руденко, Р. Л. Серых (главный редактор), В. М. Силян, В. М. Скубко, Ю. Г. Хаютин, А. А. Шлыков (зам. главного редактора), Е. Н. Щербиков

Технический редактор Ю. Л. Циханкова Корректор Н. А. Шатерникова

Сдано в набор 26.07.93. Подписано в печать 07.09.93. Формат 60×90/8 Печать офсетная Бумага книжно-журнальная. Усл. печ. л. 3,92. Усл. кр.-отт. 4,92. Уч.-изд. л. 5,6. Тираж 3100. Заказ 910.

Адрес редакции:

Москва, Георгиевский пер., строение 5, 3-й этаж Почтовый адрес редакции (экспедиция): 101442, Москва, Долгоруковская ул., 23а

Тел. 292-62-05

Набрано на ордена Трудового Красного Знамени Чеховском полиграфическом комбинате Министерства печати и информации Российской Федерации 142300, г. Чехов, Московской обл.

Отпечатано в Подольском филиале 142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25

**НИИЖБ  
ПРЕДЛАГАЕТ:**

● **СИЛОВУЮ ФОРМУ С САМОРАСПАЛУБКОЙ  
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ  
СТОЕК**

Конструкция формы обеспечивает самораспалубку стоек, исключает необходимость ее ежесменной чистки, проста и надежна в эксплуатации. Может использоваться на любом заводе ЖБИ, позволяет получать существенный экономический эффект за счет выпуска высококачественных преднапряженных стоек применительно к каркасам теплиц, ограждениям культурных пастбищ, заборов, шпалер для виноградников, опорных стоек пальметных садов и т. п.

При заключении договора разработчик оказывает научно-техническую и консультативную помощь с передачей рабочих чертежей [тел. 174-80-67].

● **СПОСОБ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ  
 ГИБКИХ СВЯЗЕЙ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ**

Технология обеспечивает нанесение в автоматическом режиме на заготовки гибких связей металлizationного цинкового покрытия высокого качества и является практически безотходной.

Производительность станка 3000...4000 изделий в минуту.

Кроме этого, предлагаются два автомата для изготовления самих гибких связей С- и S-образной конфигурации производительностью соответственно 900 и 600 шт. в час при повышении их качества и, по сравнению с традиционными технологиями, многократном сокращении доли ручного труда.

Разработчик заключает договоры на передачу научно-технической документации как на разработку в целом, так и на отдельный станок с оказанием технической помощи [174-89-44].

● **ЦИНКOSИЛИКАТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ  
 ЗАЩИТЫ ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЕЙ  
 В ЗАВОДСКИХ И ПОСТРОЕЧНЫХ УСЛОВИЯХ**

Цинкосиликатные покрытия не повреждаются при сварке, не стареют и обладают высокой защитной способностью к агрессивным средам.

Технология является практически безотходной, экологически чистой, экономичной, не включает высокотемпературных процессов, обеспечивает (по сравнению с металлизацией) более чем двукратное снижение расхода цинка и сокращение трудозатрат.

Разработчик на договорных условиях передает научно-техническую документацию по внедрению покрытий, оказывает техническую помощь по определению рациональной области их применения и подбору состава, испытанию материалов и организации технологии защиты [тел. 174-89-44].

**С ПИСЬМЕННЫМИ ЗАПРОСАМИ ОБРАЩАТЬСЯ В НИИЖБ:**

**109428, МОСКВА, 2-я ИНСТИТУТСКАЯ, 6.**

# **ПРИГЛАШАЕМ ПОСЕТИТЬ САЛОН-МАГАЗИН НИИЖБа**

Здесь развернута постоянно действующая экспозиция (выставка-продажа) новейших достижений в области строительства: образцы строительных материалов, контрольно-измерительных приборов для строительной индустрии, каталоги технологического оборудования, прогрессивные технологии производства строительных материалов и ведения строительных работ («ноу-хау»), проектно-конструкторская документация и нормативно-справочная литература.

**ЭТИ РАЗРАБОТКИ ВЫПОЛНЕНЫ НИИЖБом**

**И МНОГИМИ ДРУГИМИ ВЕДУЩИМИ И МАЛЫМИ ФИРМАМИ.**

**САЛОН-МАГАЗИН ОТКРЫТ ЕЖЕДНЕВНО, КРОМЕ  
ВЫХОДНЫХ ДНЕЙ С 10 ДО 18 Ч БЕЗ ПЕРЕРЫВА  
НА ОБЕД.**

**ПРИГЛАШАЕМ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫЕ  
ОРГАНИЗАЦИИ НА САМЫХ ВЫГОДНЫХ  
УСЛОВИЯХ РАЗМЕСТИТЬ ОБРАЗЦЫ СВОЕЙ  
ПРОДУКЦИИ НА НАШИХ РЕКЛАМНЫХ  
СТЕНДАХ. ПЛОЩАДЬ ЭКСПОЗИЦИИ  
РАСШИРЯЕТСЯ.**

Наш адрес: 109428, Москва, 2-я Институтская ул., 6,  
корп. 5, НИИЖБ, сектор маркетинга.  
Тел.: 171-93-71, 174-82-92, 174-85-48.  
Факс: 422-02-87 (ручной режим).