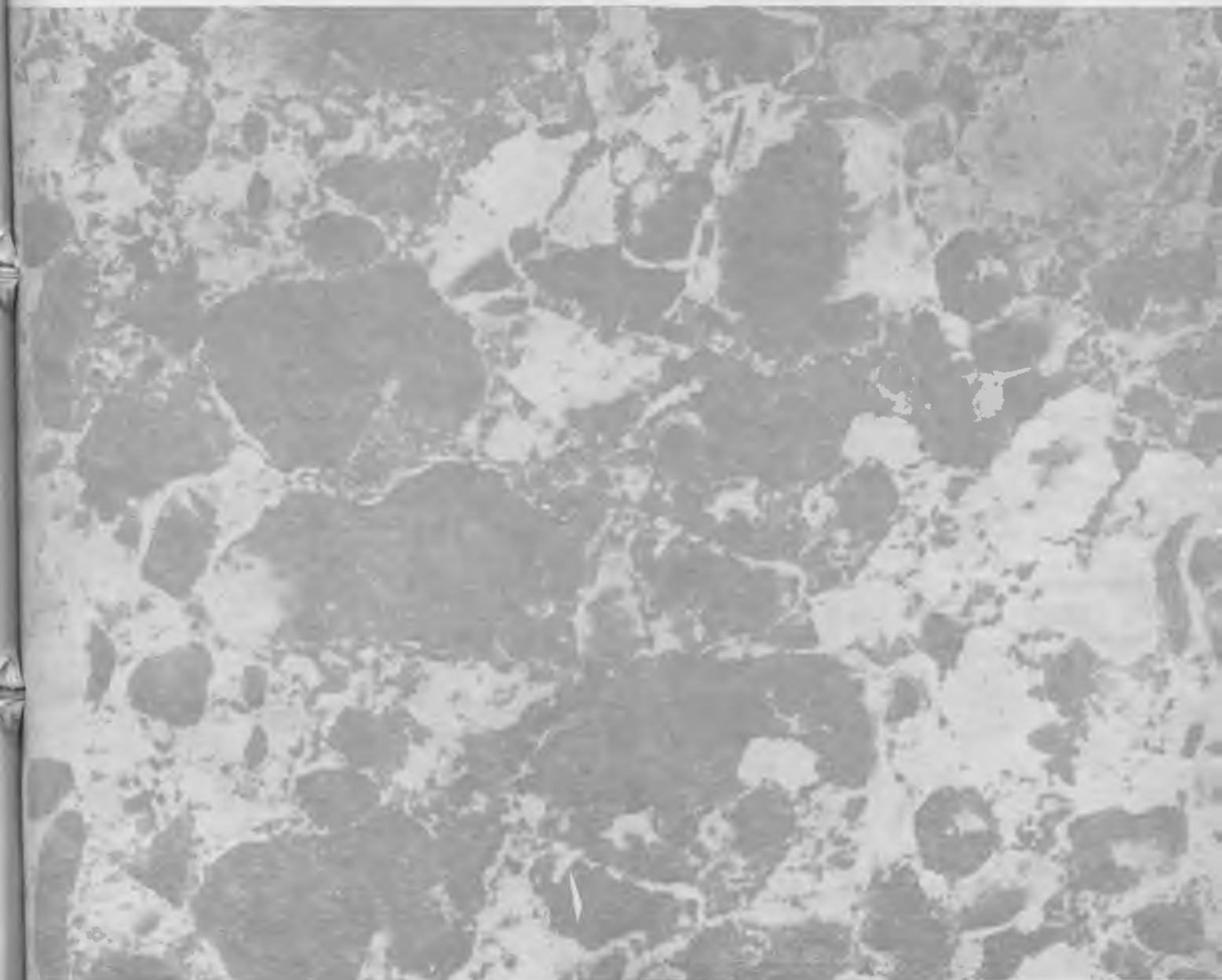
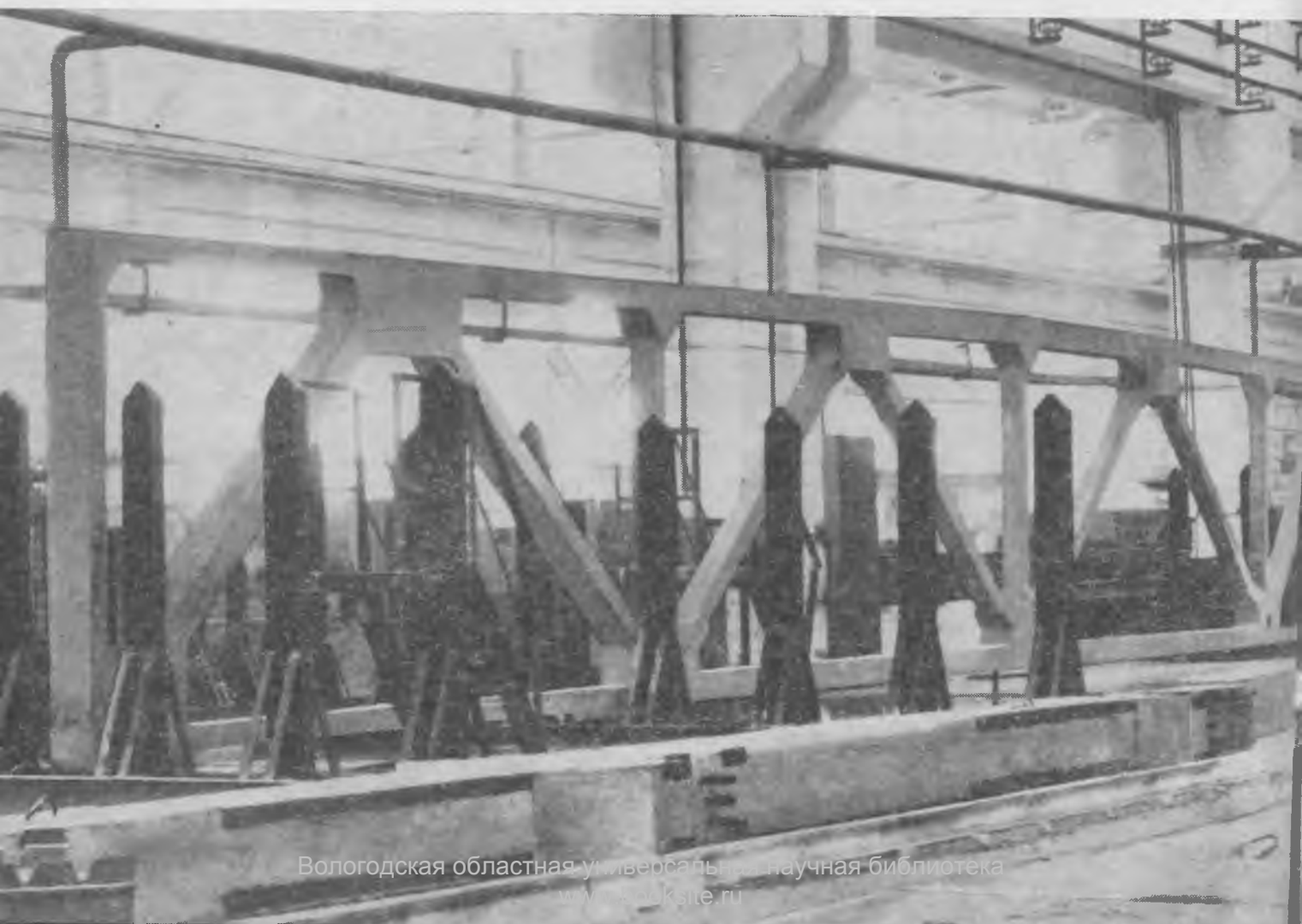
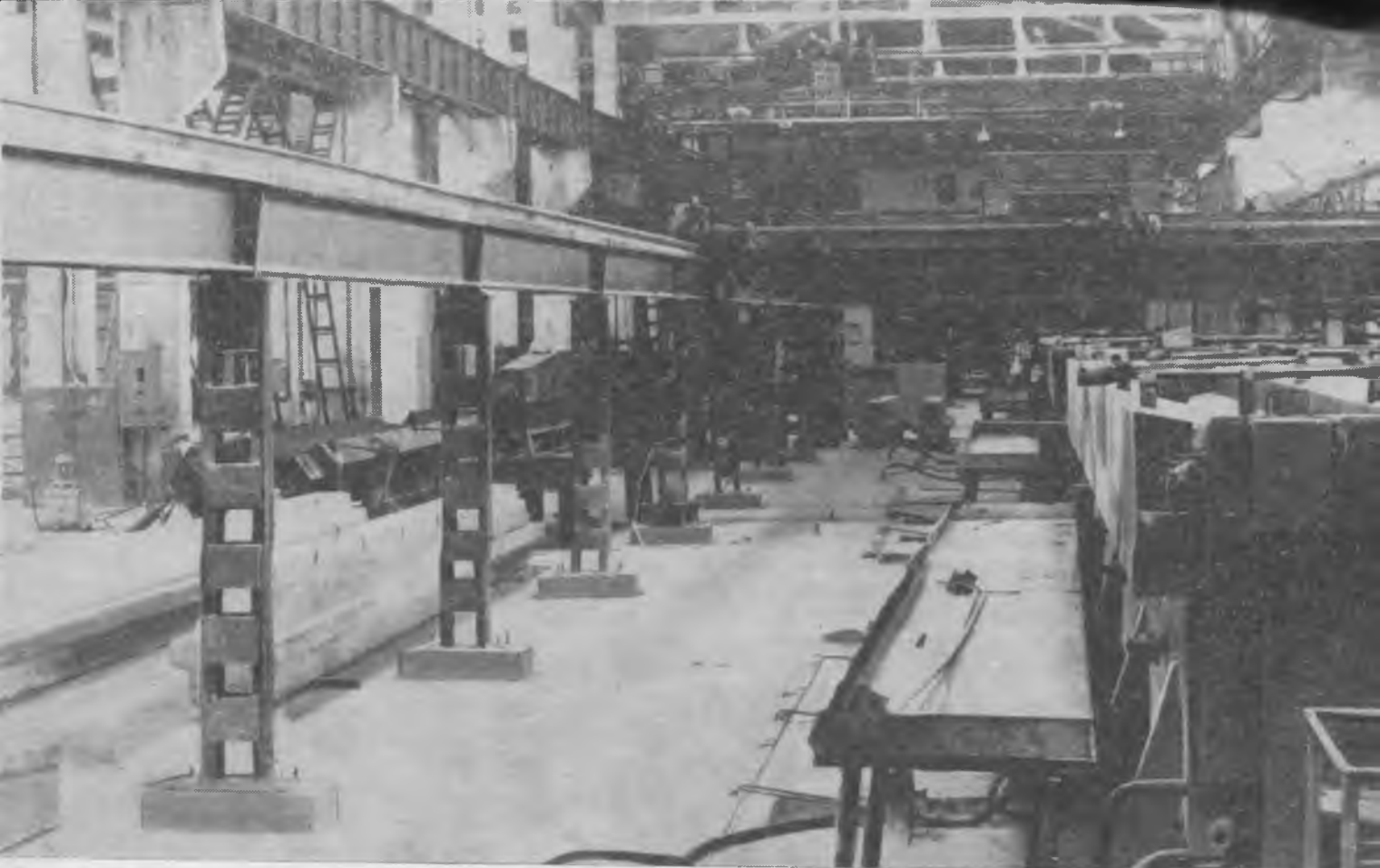


# БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН 10

1984





# БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР  
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ИЗДАЕТСЯ с апреля 1955 г.

## Содержание

### Решения XXVI съезда КПСС — в жизнь!

Тяжелый труд — на плечи машин . . . . . 2

### Экономия ресурсов

*Файнер М. Ш., Лощанюк В. И., Козловский К. Г., Цыхончук А. М., Халявин Ю. Г., Бобер С. Б.* Технологический комплекс по изготовлению конструкций из высокопрочных бетонов . . . . . 3

### Для сельского строительства

*Ануфриев Л. Н.* Экономия материальных и топливно-энергетических ресурсов . . 4

### Конструкции

*Шоршнев Г. Н., Морозов В. И., Жуков В. И.* Физико-механические свойства тяжелого армоцемента . . . . . 7

*Гузев Е. А., Пинус Б. И.* Оценка надежности железобетонных конструкций при низких температурах . . . . . 9

### Бетоны

*Орловский Ю. И., Ливша Р. Я.* Прогнозирование коэффициента температурно-влажностных деформаций бетона . . . . . 11

*Красный И. М., Власов В. К.* Прибор для определения вязкости бетонной смеси . 13

### Арматура

*Волков Л. А.* Модернизированные станки для резки арматурной стали . . . . . 15

### Строительное производство

*Иванов Е. Г.* Шлакощелочной набрызг-бетон для ремонта и гидроизоляции конструкций . . . . . 17

### Теория

*Бачинский В. Я., Бамбура А. Н., Ватагин С. С.* Связь между напряжениями и деформациями бетона при кратковременном неоднородном сжатии . . . . . 18

### Вопросы экономики

*Агаджанов В. И., Михайлова Т. В., Орловский Ю. И., Манзий В. П.* Экономическая эффективность применения серы для модификации бетонов . . . . . 20

*Сергеев В. И., Большаков Н. М., Пчелкин И. С.* Методология формирования затрат и их экономии при бригадном подряде . . . . . 21

### Использование промышленных отходов

*Черкасова Л. А., Мионов С. А., Иванова О. С.* Применение сульфатных щелоков бумажно-целлюлозных комбинатов в качестве добавок в бетон . . . . . 23

### Стандарты и нормативные документы

*Асоян Б. П., Дмитриев А. С., Довжик В. Г., Левин Л. И., Дорф В. А.* Типовые нормы расхода цемента для производства сборных и монолитных конструкций . 24

### В порядке обсуждения

*Гордон С. С.* Совершенствовать методику испытания цемента . . . . . 26

### Нам пишут

Металлооснастка серии 1.020 . . . . . 27

Формовочная машина . . . . . 27

### На ВДНХ СССР

*Рябошапка Б. И.* Показ передового опыта Главмосстроя . . . . . 28

### Информация

*Эпштейн В. С.* Плодотворный обмен идеями . . . . . 31

10

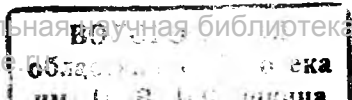
[355]

октябрь 1984



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛИТЕРАТУРЫ  
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ  
МОСКВА

© Стройиздат, 1984



## ТЯЖЕЛЫЙ ТРУД — НА ПЛЕЧИ МАШИН

Успешно несет ударную трудовую вахту коллектив завода ЖБИ № 11 ордена Ленина Главмоспромстройматериалов. Сверх задания в прошлом году на предприятии выпустили 2740 м<sup>3</sup> железобетонных изделий. За первые три года пятилетки производительность труда здесь поднялась на 20,7%. Год от года совершенствуется номенклатура выпускаемых изделий. Впервые в нашей стране освоена новая технология производства панелей со вскрытой фактурой. Такими изделиями облицованы уникальные здания в Москве — Международный торговый центр, новое здание Госстроя СССР, универсамы и другие объекты.

Высокое качество изделий — тоже постоянная забота коллектива. Государственный Знак качества получили панели со вскрытой фактурой, дорожные плиты, цветочницы. С первого предъявления сдается около 93% продукции.

Ускорение темпов прироста производства и производительности труда стало возможным благодаря реконструкции действующего оборудования, внедрению организационно-технических мероприятий по модернизации технологических конвейеров и интенсификации производства. Творческий поиск комплексной механизации и автоматизации производства ведется по всем направлениям. Работы по механизации на заводе осуществляет специальная служба главного инженера, в состав которой входят инженеры технического отдела, механики, технологи, конструкторы. Профсоюзный комитет постоянно оказывает администрации помощь в создании творческих бригад с участием передовиков и новаторов производства, опытных инженеров и техников. Такая форма объединения на общественных началах рабочих различных профессий и инженерно-технических работников позволяет решать сложные технические проблемы.

Примером может служить творческая бригада в составе начальника формовочного цеха А. А. Алексеева, механика Н. Д. Ругуша, слесаря Н. Е. Шобанова и электромонтера Б. К. Мамохина. Этот коллектив разработал проект и внедрил механизированную распалубку торцевых и продольных бортов форм-вагонеток колонн. Прежде эту операцию выполняли вручную рычагом при помощи винтов. Продольные борты также открывали вручную рычагом. Внедрение гидравлического распалубщика на конвейерных линиях позволило не только механизировать процесс распалубки, повысить производительность труда, но и улучшить качество изделий за счет ликвидации околлов торцевой части колонн. Внедрение гидравлической распалубки позволило высвободить с этой операции 4 человека и облегчить труд 18 формовщиков.

В арматурном цехе инженер М. В. Крюков, слесари В. А. Бабуров, В. Т. Сенаторов разработали станок для изготовления закладных деталей, внедрение которого позволило значительно повысить производительность труда, облегчить работу арматурщиков.

Усилия людей пылливой мысли направлены на всемерную экономию и бережливость. Прежде на предприятии для изготовления бетона марки М 600 получали дефицитный цемент той же марки. Его приходилось размещать в специальной емкости, не допускать смешивания в процессе подачи и приготовления смеси. В условиях действующего производства достичь этого удавалось не всегда, пересортица цемента приводила к потерям, снижала качество выпускаемых изделий. Изделия формовали на жестких бетонных смесях, что требовало значительного времени, приводило к поломкам оборудования и снижению производительности труда. Специалисты завода решили внедрить в производство бетона суперпластификатор С-3. Рабочие смонтировали механизированную линию по приему, хранению, подаче и дозированию этого материала, включающую утепленное помещение с емкостями, дозаторы, систему трубопроводов, насосы для перекачки и электрооборудование.

Новшество дало немалый экономический эффект. Применение суперпластификатора позволило улучшить формуемость бетонной смеси, сократить время ее вибрирования, улучшить условия труда рабочих, повысить производитель-

ность и надежность работы оборудования. Кроме того, использование суперпластификатора позволило получать бетон марки М 600 на цементе марки 500. При этом качество конструкций повысилось, сократились потери цемента из-за пересортицы.

Немало ценных предложений в последнее время внедрено в арматурном цехе завода. До сих пор работы по складированию изделий велись с немалыми затратами ручного труда. Единственным механизмом был автопогрузчик. Работники завода спроектировали и возвели специальную эстакаду, благодаря чему доставка арматурных изделий к месту сборки полностью механизирована, улучшились условия труда на участке изготовления каркасов балконных плит. Механизация подъемно-транспортных операций высвободила 13 человек, производительность труда повысилась на 13,7%.

Значительный интерес представляет внедрение новой линии по выпуску трехслойных панелей со вскрытой фактурой. Продолжительное время трехслойные панели с эффективным утеплителем на гибких связях формовали на устаревшем оборудовании, термообработку изделий осуществляли в ямных камерах, виброуплотнение — на виброплощадке с повышенным уровнем шума. Такая технология влекла за собой чрезмерное число крановых операций с использованием ручного труда стропальщиков. Было решено реконструировать третий пролет Андроновского филиала завода ЖБИ № 11. Здесь смонтированы универсальные самоподнимающиеся стеллажи с автоматизированной электротермообработкой, которая обеспечивается новейшими приборами-регуляторами Р-31М. Установленное оборудование отвечает всем современным требованиям. Теперь с ручных работ высвобождены два стропальщика и два пропарщика.

Внутренние трехслойные панели изготавливают из песчаного бетона и отделывают совершенными затирочными устройствами, полностью исключая ручной труд на строительных площадках по так называемой доводке конструкций.

В Андроновском филиале завода реконструирован также пятый пролет по выпуску стеновых облицовочных панелей из керамзитобетона с фактурным слоем из архитектурного бетона. Большинство технологических операций — укладка бетонной смеси кубелем с последующим разравниванием, заглаживание — выполнялась вручную. Термообработку изделий вели под брезентовым покрытием. Имеющийся кран грузоподъемностью 5 т не транспортировал формы с изделиями. В настоящее время здесь установлены новые бетоноукладчик, виброплощадка, моечная машина, две камеры пропаривания, мостовой кран грузоподъемностью 10 т, вывозные тележки. Пуск новой линии позволил значительно улучшить условия труда работающих, полностью механизировать процесс изготовления панелей, повысить производительность труда и качество изделий.

Примеров высокой эффективности работы по механизации трудоемких процессов на заводе ЖБИ № 11 немало. Ликвидированы ручные операции на отделке поверхностей изделий малых архитектурных форм, в формовочном цехе № 2 внедрена автоматическая установка для приготовления эмульсионной смазки ОЭ-2, здесь же смонтирована установка роторно-пульсационного аппарата для приготовления замедлителя твердения бетона на панели со вскрытой фактурой. В результате уровень механизации работ на основном производстве предприятия достиг почти 98% против 87% в 1981 г. Только за последние два года за счет механизации трудоемких процессов высвобождено более 40 человек. Сверхплановая прибыль на предприятии в 1983 г. превысила 65 тыс. р.

По итогам работы по комплексной механизации труда коллективу завода ЖБИ № 11 недавно присуждены диплом и денежная премия ВЦСПС. В ответ на это коллектив передового предприятия принял повышенные социалистические обязательства по досрочному выполнению плана текущего года и пятилетки в целом.

М. Ш. ФАЙНЕР, канд. техн. наук (Украинский ордена Дружбы народов ин-т инженеров водного хозяйства), В. И. ЛОШАНЮК, инж. (Севастопольский ф-л ПИ № 3 Минпромстроя СССР), К. Г. КОЗЛОВСКИЙ, А. М. ЦЫХОНЧУК, Ю. Г. ХАЛЯВИН, С. Б. БОБЕР, инженеры (Ровенский з-д высокопрочных железобетонных конструкций)

## Технологический комплекс по изготовлению конструкций из высокопрочных бетонов

Одним из основных направлений научно-технического прогресса в строительстве является расширение объемов применения конструкций из высокопрочных бетонов с пределом прочности при сжатии до 120 и осевом растяжении до 5 МПа. Анализ структуры объемов сборных железобетонных конструкций показывает, что при выборе оптимальных схем и форм сечения из высокопрочных бетонов можно изготовить до 5% общего объема изделий. Наряду с другими факторами массовое применение эффективных конструкций сдерживалось недостаточной надежностью способов изготовления. Эти недостатки компенсировались применением особовысококачественных заполнителей, высокопрочных цементов и малоподвижных бетонных смесей, из-за чего массовое заводское производство эффективных конструкций до сих пор не налажено.

На основании многолетних исследований НИЛ Минпромстроя УССР при УИИВХ совместно с НИИЖБ разработаны рекомендации и технологический регламент изготовления высокопрочных бетонов с суперпластификаторами С-3 и СМФ (продукт конденсации нафталина и фенол-4-сульфокислоты с формальдегидом, нейтрализованный гидроксидом натрия). Эти документы легли в основу проектирования Ровенского завода высокопрочных железобетонных конструкций, осуществленного Севастопольским филиалом ПИ № 3 при участии отраслевой НИЛ Минпромстроя УССР и других организаций.

Проектная мощность завода — 112,7 тыс. м<sup>3</sup> в год. Его главный производственный корпус включает четыре пролета 18×156 м и один пролет 24×156 м. В технологический комплекс по изготовлению конструкций из высокопрочных бетонов включен бетоносмесительный узел с участком для хранения и приготовления рабочих растворов суперпластификатора, два пролета 18×156 м и один пролет 24×156 м. Номенклатура изготавливаемых конструкций приведена в табл. 1.

Таблица 1

№ пролета	Конструкции	Марка бетона	Проектная мощность, тыс. м <sup>3</sup>
1	Колонны	М 400—М 600	21 163 4842
	Стропильные балки длиной 18 и 24 м	М 500—М 800	
2	Ригели длиной 12 м	М 400—М 500	14 400 4960
	Подкрановые балки длиной 12 м	М 400—М 600	
3	Балки стропильные длиной 18 м	М 400—М 600	650 6860 1250
	Полигональные стропильные фермы длиной 18 и 24 м	М 500—М 800	
	Подстропильные фермы длиной 12 м	М 500—М 700	

Для формирования комплектных поставок в пролете № 4 размещено конвейерное производство керамзитобетонных стеновых панелей объемом 29 487 м<sup>3</sup> в год, а в пролете № 5 выпускаются комплексные плиты покрытий 3×6 и 3×12 м

Таблица 2

Вид и марка цемента	Расход до- бавки СМФ, % массы це- мента	Расход цемента, кг/м <sup>3</sup>	Осадка конуса, см	Предел прочности образцов сечением 10×10 см, МПа	
				после тепло- вой обработки	в возрасте 28 сут
Шлакопортландцемент марки 400	—	450	6,8	27,9/1,62	36,5/2,43
	0,6	450	22,5	42,8/2,46	54,3/2,97
	0,8	530	6,2	32,1/1,85	43,4/2,68
Портландцемент марки 600	—	450	21,3	47,3/3,19	60,7/3,81
	0,6	450	6,7	40,3/2,12	54,2/2,81
	0,8	530	19,3	57,3/3,11	73,7/3,96
	—	450	6,5	49,2/2,64	62,3/3,60
	0,8	530	18,8	69,6/3,27	82,5/4,15

Примечание. Перед чертой — при сжатии, после черты — при осевом растяжении.

объемом 29 200 м<sup>3</sup> в год. Часть плит покрытий изготавливают из высокопрочных бетонов марок М 500 и М 600 (см. рисунки на 2-й стр. обложки).

Для выбора составов бетона и регулирования технологических процессов проведены исследования по установлению влияния основных факторов на подвижность смеси и прочность бетона. Установлены количественные зависимости прочности бетона, учитывающие влияние качества заполнителей, прочности цемента при изгибе и сжатии, цементно-водного отношения и условий твердения, которые имеют следующий вид:

$$R_{28}^{C_c} = (A_c R_c + b_c R_n) C/B, \quad (1)$$

$$R_{28}^P = (A_p R_n - b_p) C/B + 12, \quad (2)$$

$$R_n = R_{28} \sqrt[m]{\frac{\lg n}{\lg 28}}, \quad (3)$$

где  $R_{28}^{C_c}$  — предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут;  $R_{28}^P$  — предел прочности при осевом растяжении в возрасте 28 сут;  $R_n$  — прочность бетона через  $n$  сут;  $A_c$  и  $A_p$  — коэффициенты, зависящие от качества заполнителей (для специально обработанных 0,22—0,30, высококачественных 0,16—0,20, среднего качества 0,14—0,16, удовлетворительного качества 0,10—0,14);  $b_c$  и  $b_p$  — коэффициенты, зависящие от условий твердения (при оптимальном режиме тепловой обработки с последующим хранением при  $t=20^\circ\text{C}$   $b_c=2,4-2,8$ ;  $b_p=2,8-3,2$ , при тепловой обработке с последующим твердением в нормальных условиях  $b_c=2,0-2,4$ ,  $b_p=3,2-4,2$ );  $R_c$  и  $R_n$  — прочность цемента при сжатии и изгибе по испытаниям по ГОСТ 310.4—76;  $C/B$  — цементно-водное отношение;  $n$  — количество суток твердения;  $m$  — коэффициент, зависящий от вида цемента и условий твердения ( $m \approx 2,3-3,0$ ).

При пуске технологического комплекса в пролете № 1 по стендовой технологии изготавливали балки покрытий длиной 18 и 24 м, в пролете № 3 — полигональные фермы длиной 24 м и подстропильные фермы длиной 12 м, а в пролете № 2 подкрановые балки и по полуконвейерной — ригели длиной 12 м. В качестве вяжущего использовали шлакопортландцемент марки 400 и высокопрочный портландцемент марки 600 Здолбуновского ЦШК, мелкий песок Полянского месторождения Славутского района и гранитный щебень фракции 5—20 мм Вировского завода. Бетонную смесь перемешивают в бетоносмесителе принудительного смешивания. Осадка конуса смеси — в пределах 16—24 см.

Для уплотнения смеси применяли кратковременные полициклические режимы вибрирования. Тепловая обработка балок

осуществлялась в силовой форме с паровыми рубашками, а ригелей и ферм — в пропарочных камерах. На основании исследований был установлен оптимальный режим тепловой обработки с постоянно возрастающей скоростью подъема температуры: предварительное выдерживание — 3 ч, подъем температуры до 30°C — 1 ч, до 45°C — 1 ч, до 65°C — 1 ч и 80°C — 0,5 ч, изотермический прогрев 5 ч, охлаждение 1,5 ч. Из бетонной смеси изготавливали кубы с ребром 10 см и призмы размером 10×10×40 см. Составы бетона и результаты испытаний приведены в табл. 2.

Анализ полученных данных показывает, что при эффективных режимах уплотнения и тепловой обработки применение суперпластификатора СМФ позволяет перейти на массовый выпуск конструкций из литых бетонных смесей с пределом прочности при сжатии до 60 и осевом растяжении до 3,5 МПа даже при использовании шлакопортландцемента марки 400. При использовании портландцемента марки 600 изготовление бетонов с пределом прочности при сжатии до 80 и осевом растяжении до 4 МПа не представляет серьезных трудностей. Аналогичные испытания, проведенные на мытах заполнителях, подтвердили возможность получения в производственных условиях бетонов с пределом прочности при сжатии до 100 и осевом растяжении до 4,5 МПа.

Наряду с этим применение литых бетонных смесей позволяет интенсифицировать наиболее трудоемкие технологические операции, что дает возможность сократить время укладки и уплотнения смесей в 1,5—2 раза, уменьшить энергозатраты и износ оборудования и форм. Только за счет формовочного передела издержки производства снижаются на 5—10%, т. е. на 6—10 р/м<sup>3</sup>. Применение обычного портландцемента или шлакопортландцемента марки 400 вместо высокопрочного цемента марки 600 дает дополнительную экономию 4—6 р/м<sup>3</sup>. Таким образом, экономический эффект от использования литевой технологии по заводскому переделу достигает 15 р/м<sup>3</sup>. Наряду с этим применение конструкций из высокопрочных бетонов за счет снижения на 20—40% их материалоемкости позволит получить народнохозяйственную экономию 15—25 р/м<sup>3</sup>.

Все приведенные в статье экономические показатели получены расчетом на основании опытно-производственных исследований. В настоящее время технологический комплекс находится в стадии освоения проектных мощностей. Ожидаемый экономический эффект от пуска технологического комплекса при освоении проектных мощностей — 1—1,2 млн. р. в год.

УДК 69.003:658.011.8

Л. Н. АНУФРИЕВ (ЦНИИЭПсельстрой)

## Экономия материальных и топливно-энергетических ресурсов

По итогам Всесоюзного социалистического соревнования за повышение эффективности производства и качества работы, успешное выполнение плана экономического и социального развития СССР на 1983 г. коллектив ЦНИИЭПсельстроя награжден переходящим Красным знаменем ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ с занесением на Всесоюзную доску Почета ВДНХ СССР.

Институт постоянно совершенствует существующие и разрабатывает новые облегченные бетонные и железобетонные конструкции, с применением которых осуществляется более 70% объемов производственного строительства на селе.

Эффективность внедрения разработанных конструкций зависит от освоения их производства на предприятиях сельстройиндустрии и применения более совершенного технологического оборудования и процессов, обеспечивающих экономию материальных и топливно-энергетических ресурсов, а также от использования вторичных ресурсов.

Отечественная и зарубежная строительная практика свидетельствует о том, что поризация растворной части смеси является эффективным методом снижения массы, стоимости, улучшения качества и эксплуатационных свойств ограждающих конструкций из легких бетонов на порнистых заполнителях.

Как показал производственный опыт, при использовании керамзитового гравия с ограниченным содержанием керамзитового песка (всего 4—6%) наилучшие показатели дает использование разработанного ЦНИИЭПсельстроем усовершенствованного метода поризации легкобетонной смеси пеной, получаемой с помощью рециркуляционного пеногенератора.

Особенно эффективно применение недефицитных синтетических пенообразователей на основе скрубберной и подскрубберной паст, являющихся отходами промышленного производства моющих средств. Использование поризованной синтетическими пенообразователями ке-

рамзитобетонной смеси уменьшает среднюю плотность бетона на 15—20% и, следовательно, улучшает его теплозащитные свойства. При этом сокращается расход керамзита на 25—30%, снижается стоимость на 5—10% и улучшается качество изделий (однородная структура, четкие грани, ровные поверхности).

Опыт заводов, освоивших производство стеновых панелей из керамзитобетона, свидетельствует о том, что за счет сокращения расхода материалов экономический эффект на 1 м<sup>3</sup> конструкции по заводской себестоимости достигает 2—3 р.

Для внедрения поризованных пеной легких бетонов ЦНИИЭПсельстроем разработана техническая документация, а Апрелевским экспериментальным заводом освоено изготовление оборудования (рис. 1), с применением которого объем производства керамзитопенобетонных стеновых панелей в системе Минсельстроя СССР доведен до 800 м<sup>3</sup> в год.

Одним из путей экономии цемента, улучшения свойств бетона, снижения трудоемкости при формировании изделий и улучшения их качества является применение химических добавок. На предприятиях министерства значительное место занимают отходы целлюлозно-бумажной промышленности (технические лигносульфонаты) и производства капролактама (адипаты натрия), количество которых ежегодно составляет более 1 млн. т.

ЦНИИЭПсельстроем проведены комплексные проектные и практические работы по эффективному использованию пластификаторов в производстве сборного железобетона. Разработан технорабочий проект отделения для химических добавок, в том числе документация на оборудование для приема, хранения, приготовления индивидуальных и комплексных добавок и введения их в бетонную смесь (рис. 2). Комплект такого оборудования предназначен для завода мощностью 60—90 тыс. м<sup>3</sup> изделий в год. К настоящему времени Апрелевским экспериментальным заводом ЦНИИЭП-

сельстроя изготовлено и отправлено на предприятия сельстройиндустрии 25 комплектов такого оборудования. Для сокращения сроков внедрения заводам направлены соответствующая документация по номенклатуре добавок и условиям их поставки, паспорта на оборудование, оказана помощь по приезде и монтажу оборудования.

Кроме того, проводится работа по обучению технологических служб заводов ЖБИ. Для этого совместно с республиканскими трестами Оргтехсельстрой организуются зональные школы-семинары на тему «Химические добавки в производстве сборного железобетона». Такая школа проведена в Казахстане.

Химические добавки при изготовлении бетонных смесей внедрены на Молодечненском заводе ЖБИ, Миргородском, Капчгайском, Энгельском, Слуцком, Островском, Вяземском ССК, Душанбинском, Уральском и Мозырском заводах ЖБИ и др. Применение химических добавок на базовых предприятиях в Молодечно, Миргороде, г. Энгельсе, Капчгае снизило расход цемента на 3—10%, а стоимость 1 м<sup>3</sup> железобетонных изделий на 1,5—2 р.

В результате проделанной работы объемы применения добавок ежегодно возрастают. Так, в 1978 г. с добавками выпускалось 600 тыс. м<sup>3</sup> сборного железобетона, а в 1984 г. выпуск увеличится до 3,2 млн. м<sup>3</sup>. Предприятия Минсельстроя СССР ежегодно будут использовать 5—7 тыс. т СДБ, а экономия цемента составит при этом 20—25 кг на 1 кг затраченной добавки.

Ускоренное развитие жилищного строительства на селе потребовало новых эффективных конструкций и материалов,

в том числе использования местных материалов и имеющихся отходов. К одному из таких материалов можно отнести арболит, в котором в качестве заполнителя используют отходы переработки древесины. В системе Минсельстроя СССР намечено строительство новых цехов, а также организация изготовления арболита на действующих предприятиях сборного железобетона. К 1985 г. мощности по выпуску арболита будут доведены до 116 тыс. м<sup>3</sup> в год. Выполненные научно-исследовательские и проектные работы создали предпосылки для широкого внедрения арболита в сельское строительство.

ЦНИИЭПсельстроем для всех регионов страны, в том числе и сейсмических, разработана номенклатура блоков из арболита и отобраны наиболее перспективные проекты жилых домов усадебного типа и хозяйственных надворных построек. Наибольшее применение нашел проект ТП-183-115-119/1,2 (одноэтажный одноквартирный 3-комнатный дом из крупных блоков). Предприятиями Богородска, Кострома, Покрова, Омска и Уссурийска изготовлено более 5 тыс. м<sup>3</sup> комплектов конструкций и изделий из арболита для жилых домов усадебного типа серии 115 (рис. 3). Для домов из мелких блоков предложен проект ТП-183-221-1/1.

Для повышения индустриализации и эффективности внедрения арболита в сельском производственном строительстве разработаны рабочие чертежи однослойных стеновых панелей из арболита марки ПСА длиной до 6 м. В 1983 г. на предприятиях Главверхневолжксельстроя Минсельстроя РСФСР на Богородском заводе ЖБИ (Горьковская

обл.), Костромском КПП и Покровском заводе ЖБИ выпущено более 1,6 тыс. м<sup>3</sup> таких панелей. Из них построены коровники, птичники и надворные хозяйственные постройки к усадебным жилым домам.

Институтом разработан технический проект цеха арболита с технологической линией мощностью 12 тыс. м<sup>3</sup> в год, работающей по способу вибрирования с пригрузом (рис. 4). Линия экономична, проста в изготовлении и обслуживании и позволяет получать изделия в соответствии с требованиями ГОСТ 19222—73. Такие линии внедрены на Горийском ДОЦе ПО Грузсельстройдеталь и на Майнском лесокombинате Ульяновской области. Вместо виброплощадки обычно типа можно использовать виброударные установки.

Наряду с оказанием помощи предприятиям по организации производства арболитовых изделий и конструкций ЦНИИЭПсельстроем на основе предложенных добавок и способов обработки древесного заполнителя подобраны составы смеси, позволяющие на принятую марку арболита при нормированных расходах портландцемента повысить прочность и улучшить деформативные свойства, а при получении принятой марки арболита снизить расход портландцемента на 10—15%.

Разработаны также составы арболитовой смеси, содержащие ингибиторы коррозии, для армированных несущих и ограждающих конструкций.

В 1983 г. ЦНИИЭПсельстроем начаты работы по использованию зол ТЭС в легких бетонах применительно к условиям Магадансельстроя. Установлена пригодность золы Магаданской ТЭС в

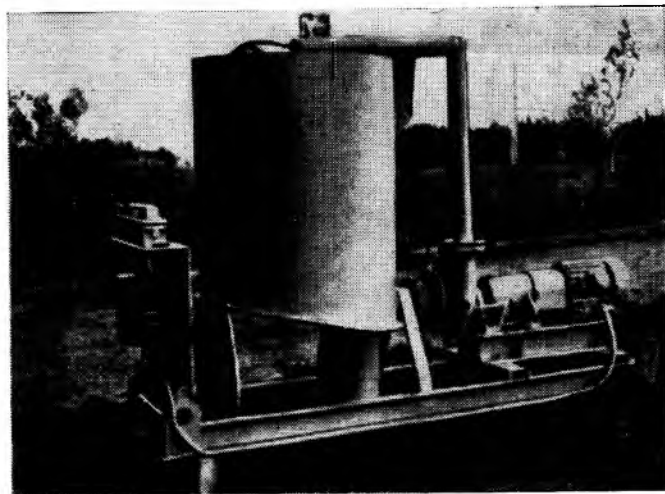
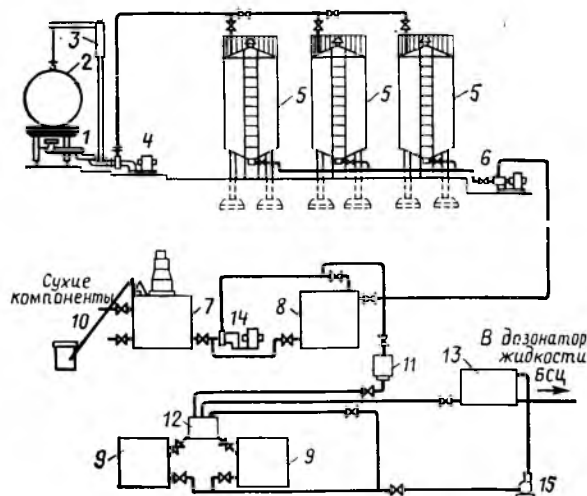


Рис. 1. Пеногенератор УПП-30

Рис. 2. Комплект оборудования для приема, хранения, приготовления и введения химических добавок в бетонные смеси (технологическая схема)



1 — установка для нижнего слива; 2 — пароподогреватели; 3 — кран-укосина; 4 — насос; 5 — емкости для хранения добавок; 6 — насос; 7 — бак с мешалкой для растворения сухой добавки; 8 — бак для растворения жидкой добавки; 9 — баки для комплексной добавки; 10 — конвейер; 11 — объемный дозатор; 12 — воронка; 13 — расходный бак; 14, 15 — насосы

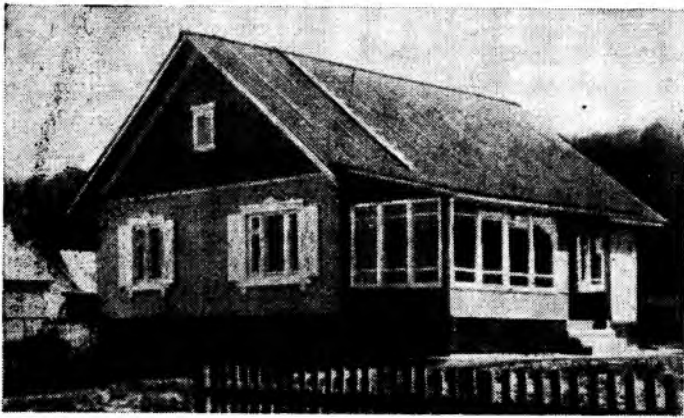


Рис. 3. Усадебный жилой дом из арболитовых блоков, выпускаемых Костромским ССК (пос. Ильинское, совхоз «Пригородный»)

качестве мелкого заполнителя керамзитобетона. Вводимая зола улучшает формовочные свойства смеси, способствует интенсификации твердения бетона. Полученный керамзитопензолобетон марок М50—М75 имел плотность 1050—1080 кг/м<sup>3</sup>, Мрз35. Расход цемента при использовании золы ТЭС на ССК-2 Магадансельстроя сократился на 60—70 кг и керамзита фракции 0—10 мм примерно на 0,2 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> бетона. Введение пенообразующей добавки улучшало удобоукладываемость бетонной смеси, снижало расходы воды, что особенно важно при использовании зол.

Экономический эффект от применения золы Магаданской ТЭС в качестве мелкого заполнителя керамзитобетона составляет, по расчетам ЦНИИЭПсельстроя, 5—7 р. на 1 м<sup>3</sup> бетона.

Одной из основных причин недостаточного использования сельскими строителями зол и шлаков ТЭС является отсутствие разработанных технических и технологических решений для конкретных экономических районов с учетом существующей производствен-

ной базы и местных ресурсов. Так, институтом Киевгипросельстройиндустрия разрабатывается рабочий проект повторного применения линии приема и подачи золы ТЭС. В 1985 г. две такие линии должны быть внедрены на Украине и в РСФСР.

В соответствии со структурой расхода тепловой энергии, сложившейся в сельском строительстве, около 40% ее потребляется на производство сборного железобетона, из которых 80% расходуется на тепловлажностную обработку изделий.

Основной объем изделий обрабатывают в пропарочных камерах периодического действия. Наибольшее снижение непроизводительных потерь тепловой энергии в них достигается путем регулирования пароснабжения. Учитывая сложность обслуживания и дефицитность автоматических систем регулирования пароснабжения, ЦНИИЭПсельстроем разработана и опробована в производственных условиях улучшенная система регулирования с помощью расходных диафрагм. Сущность способа заключается в том, что на стадии подъ-

ема температуры пар в камеру поступает по головному вводу в количестве, обеспечивающем нагревание изделий до заданной температуры, а на стадии изотермической выдержки — по обводному вводу в количестве, в 10—15 раз меньшем и обеспечивающем только компенсацию теплотерь. Применение этого способа позволит снизить удельный расход пара с 550 до 340 кг/м<sup>3</sup>. Он внедряется на 37 заводах системы Минсельстроя СССР.

Существенные (до 20%) резервы снижения расхода тепла заключены в повышении тепловой эффективности ограждающих конструкций камер. ЦНИИЭПсельстроем разработана теплоизоляция стенок крышек действующих камер. Двускатная крышка (рис. 5), как показывает опыт ее эксплуатации на Краснокамском, Череповецком, Молодечненском и других заводах Минсельстроя СССР, обеспечивает не только повышенную жесткость, но и устранение капель на верхние изделия в результате отвода конденсата в гидрозатвор.

Внедрение на Молодечненском заводе модернизированных крышек и гидрозатворов, системы регулирования и учета расхода тепла, возврата конденсата пара позволило снизить удельный расход пара с 440 до 330 кг/м<sup>3</sup>.

Дальнейшее совершенствование установок и режимов тепловлажностной обработки осуществляется по пути создания камер и режимов термосного выдерживания. Конструкция таких камер ограничивает темп снижения температуры нагретой до заданного уровня среды камеры до 1—2°С/ч, что позволяет расходовать тепло только на стадии подъема температуры. При этом снижается расход теплоносителя и

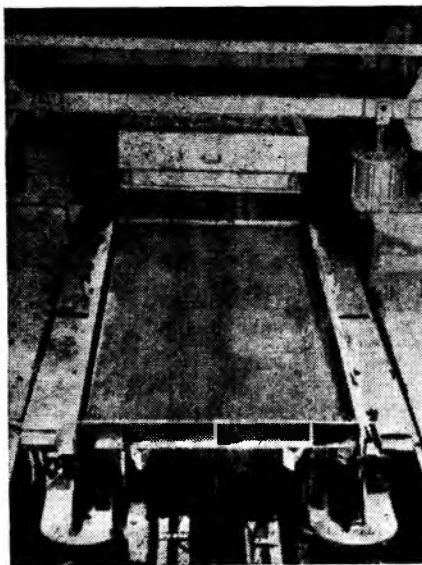


Рис. 4. Формующая установка для производства арболитовых стеновых блоков способом вибрирования с пригрузом (Горький ДОЦ Минсельстроя ГССР)

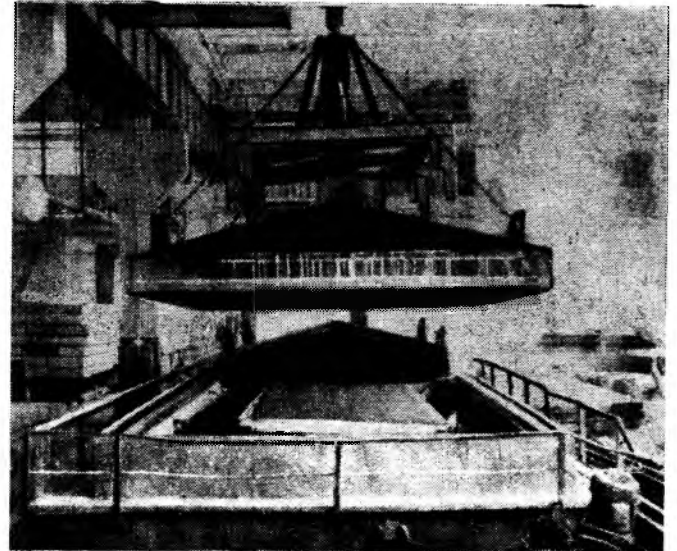


Рис. 5. Модернизированные пропарочные камеры (Молодечненский завод ЖБИ Минсельстроя БССР)



упрощается система автоматического регулирования.

На заводах, использующих в качестве топлива для получения пара природный газ, целесообразно внедрять обработку изделий из легкого бетона продуктам сгорания газа вместо паропрогрева. Этот способ разработан ВНПО Союзпромгаз совместно с ЦНИИЭПсельстроем и другими организациями и заключается в обработке изделий многократно рециркулируемыми продуктами сгорания природного газа. Конструкция камеры представлена на рис. 6. Продукты сгорания образуются при сжигании газа в теплогенераторе, расположенном рядом с камерой, и подаются в нее рециркуляционным вентилятором. Необходимое разрежение в камере обеспечивается системой вентиляции.

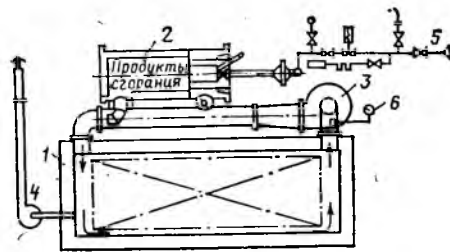


Рис. 6. Установка периодического действия для теплолажной обработки легобетонных изделий в продуктах сгорания природного газа

1 — камера теплолажной обработки; 2 — теплогенератор, 3 — система рециркуляции; 4 — система вентиляции; 5 — подводящий газопровод системы газоснабжения; 6 — система контроля температурного режима

В результате применения этого способа удельный расход природного газа на тепловую обработку снижается в 3—5 раз по сравнению со средним достигнутым уровнем при пропаривании и составляет 10—15 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> изделий. Качество легобетонных изделий повышается благодаря снижению отпускной влажности, устранению воздействия конденсата на поверхность бетона, возникающего при пропаривании, а также карбонизации поверхностного слоя бетона углекислым газом, присутствующим в продуктах сгорания. Себестоимость изделий снижается на 1,5—2,5 р/м<sup>3</sup>, резко улучшаются санитарно-гигиенические условия труда в цехах тепловой обработки, а из-за отсутствия в цехе пара надежно работает автоматика. До 1990 г. данный способ будет внедрен на нескольких предприятиях системы Минсельстроя СССР.

Дальнейшие работы института направлены на экономию материальных и топливно-энергетических ресурсов.

## Конструкции

УДК 691.328:666.981:539.2

Г. Н. ШОРШНЕВ, д-р техн. наук, В. И. МОРОЗОВ, канд. техн. наук, В. И. ЖУКОВ, инж. (ЛИСИ)

## Физико-механические свойства тяжелого армоцемента

На кафедре железобетонных конструкций ЛИСИ исследованы свойства дисперсно-армированного железобетона с повышенным содержанием расчетной арматуры. Эта разновидность железобетона условно названа тяжелым армоцементом. Он состоит из мелкозернистого бетона и арматурной проволоки малых диаметров (3—6 мм), отличается высоким содержанием арматуры в сечении, достигающим 6—18%.

Основными достоинствами материала являются повышенная трещиностойкость, однородность, высокий предел упругой работы. Эти свойства обеспечиваются путем направленного изменения процента армирования, дисперсности размещения арматуры, связанности деформаций бетона арматурой, однородности бетона и т. п. Каждый небольшой объем бетона находится под воздействием арматуры.

Свойства тяжелого армоцемента изучали на плоских образцах при одноосном и двухосном растяжении, на образцах в виде цилиндров при действии внутреннего давления и повышенных температур, конструкциях типа сосудов высокого давления. Исследовано также влияние усадки и длительного действия нагрузки [1—3].

Первоначально опыты проводили на плоских образцах сечением 20×80 мм, длиной 450 мм в условиях осевого растяжения. Для изготовления бетона применяли портландцемент активностью 50 МПа. В качестве заполнителя использовали песок с модулем крупности

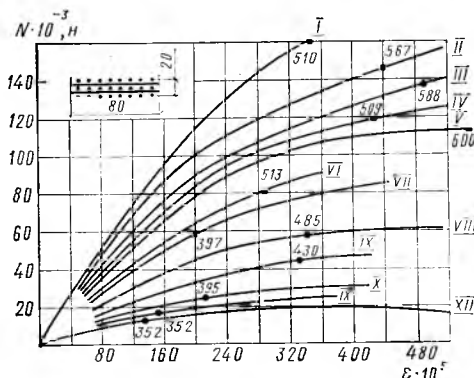
2,5. Максимальное содержание арматуры в сечении составляло 19,6%. Для сравнения испытывали образцы, у которых содержание арматуры одного направления составляло 1,78%. Образцы отличались также видом арматуры (классы В-I, Вр-I, В-II, А-1) и ее диаметром (3—12 мм). Некоторые характерные графики зависимости «нагрузка *N* — относительные деформации  $\epsilon$ » приведены на рисунке. Отмеченные на графиках числовые значения соответствуют напряжениям в арматуре при ширине раскрытия трещин 0,1 мм.

Испытания показали, что в образцах с повышенным содержанием арматуры малых диаметров видимые трещины появляются при более высоких напряжениях, чем в обычном железобетоне, а ширина их раскрытия даже к моменту разрыва проволоки не превосходит 0,2 мм.

С ростом  $\mu$  (при одном диаметре арматуры) в арматуре повышаются напряжения, соответствующие определенной ширине раскрытия трещин. Например, в образцах с  $\mu=1,78\%$  при ширине раскрытия трещины, равной 0,1 мм, они составляют 352 МПа, в образцах с  $\mu=12\%$  (тяжелый армоцемент) этой ширине раскрытия трещин соответствуют напряжения около 600 МПа.

Опыты подтвердили, что при аналогичных процентах армирования существенное влияние на трещиностойкость тяжелого армоцемента оказывает коэффициент удельной поверхности. Так, при содержании арматуры около 9,7% в образцах с коэффициентами удельной поверхности 0,94 и 1,3 1/см ширина раскрытия трещин, равная 0,1 мм, наблюдалась при напряжениях в первом случае 397 МПа, во втором — 513 МПа.

Как и следовало ожидать, в образцах из тяжелого армоцемента трещины располагаются равномерно и очень часто. При эксплуатационных нагрузках видимые трещины не обнаруживаются. Остаточные деформации находятся в пределах точности показаний измерительных приборов. По-видимому, в уменьшении ширины раскрытия трещин наряду с другими факторами существенную роль играет следующее обстоятельство, связанное со структурой материала. После выхода из работы бетона в местах первых трещин (в связи со значительным насыщением элементов арматурой малых диаметров) напряжения и деформации в сечениях с трещинами и между ними отличаются незначительно, а рост деформаций бетона в блоке практически не замедляется.



Некоторые характерные графики зависимости «нагрузка — относительные деформации»

I — диаметр арматуры  $\varnothing=5$  мм, коэффициент армирования  $\mu=19,6\%$ ; II —  $\varnothing=3$  мм,  $\mu=16\%$ ; III —  $\varnothing=3$  мм,  $\mu=14,6\%$ ; IV —  $\varnothing=4$  мм,  $\mu=15,75\%$ ; V —  $\varnothing=3$  мм,  $\mu=12\%$ ; VI —  $\varnothing=3$  мм,  $\mu=9,75\%$ ; VII —  $\varnothing=4$  мм,  $\mu=9,75\%$ ; VIII —  $\varnothing=3$  мм,  $\mu=7,1\%$ ; IX —  $\varnothing=3$  мм,  $\mu=5,3\%$ ; X —  $\varnothing=3$  мм,  $\mu=3,56\%$ ; XI —  $\varnothing=3$  мм,  $\mu=2,66\%$ ; XII —  $\varnothing=3$  мм,  $\mu=1,78\%$

Поэтому следующие трещины образуются сравнительно чаще, нежели в обычном железобетоне, что ведет к уменьшению их раскрытия. Опыты на плоских образцах показали, что матрица тяжелого армоцемента в условиях растяженных деформаций воспринимает напряжения вплоть до относительных деформаций, равных  $(100-120) \times 10^{-5}$ .

Исследования усадки плоских образцов и призм из тяжелого армоцемента показали, что при диаметре арматуры 3-5 мм величину  $\mu$  можно увеличить до 12%, не прибегая к специальным мерам по снижению усадочных явлений. Наибольшая трещиностойкость при растяжении была зафиксирована у образцов с арматурой диаметром 3 мм при  $\mu=12\%$  и коэффициенте удельной поверхности 1,59.

Для оценки доли участия бетона в работе материала на растяжение и уточнения его деформативных характеристик при одноосном и двухосном растяжении проведены эксперименты на крестообразных образцах с поперечным сечением ветвей  $150 \times 50$  мм. Содержание арматуры класса В-1 диаметром 5 мм в одном направлении превышало аналогичную величину в другом направлении в 2 раза и составляло для трех образцов соответственно 5/10, 6/12, 7/14%. В каждом образце одна ветвь имела также и поперечное армирование, процент которого соответствовал проценту продольного армирования другого направления.

Подтвердилось наличие выявленных ранее особенностей работы тяжелого армоцемента при растяжении, обнаружены также новые факторы, в частности уменьшение шага трещин при увеличении поперечного армирования, относительно плавное падение модуля деформации материала ( $E$ ) с ростом напряжений. Изменение модуля деформации композита на данном этапе исследований записывалось в виде

$$E = k \mu E_a, \quad (1)$$

где  $\mu = \frac{F_a}{F}$  — коэффициент армирования;  $k$  — коэффициент, учитывающий работу бетонной матрицы при растяжении, равный отношению усилия, воспринимаемого образцом, к усилию, воспринимаемому только арматурой;  $E_a$  — модуль упругости арматуры.

Получены эмпирические зависимости коэффициента  $k$  от средних напряжений ( $\sigma$ ) для различных вариантов армирования, например:

$$k = 2,4 - \sqrt{\frac{\sigma - 1}{5}}; \quad 1 \leq k \leq 2,4;$$

$$\text{при } \mu = 0,12$$

$$k = 1,7 - \sqrt{\frac{\sigma}{70}}; \quad 1 \leq k \leq 1,7.$$

Поэтапно-ступенчатое нагружение образцов позволило изучить вопрос о влиянии последовательности нагружения на деформативные характеристики материала. Полученные данные свидетельствуют о том, что наименьшее значение модуля деформации, полученное на предыдущем этапе нагружения, не может быть превышено на последующих. В общем случае работа бетона на растяжение в тяжелом армоцементе может быть представлена на графе-

ке  $E$  — областью, заключенной между двумя линиями: сверху — кривой, снизу — прямой  $E = \sigma E_a$ , параллельной оси абсцисс.

Коэффициент поперечных деформаций  $\nu$  для всего исследуемого интервала значений  $\mu$  близок к коэффициенту Пуассона бетона до уровня напряжений  $\sigma = (1,0-1,5)$  МПа. При  $\sigma = 5$  МПа оно не превышает 0,05. Таким образом, в практических расчетах конструкций в случае кратковременных нагружений значение  $\nu$  можно принимать в среднем равным 0,1 в интервале напряжений 0—5 МПа. При больших значениях напряжений  $\nu$  можно принять равным нулю.

На основании выполненных ранее экспериментов ведутся работы по созданию теоретических основ расчета сосудов высокого давления из тяжелого армоцемента. Одной из первых задач было исследование термонапряженного состояния толстостенного цилиндра при внутреннем нагреве  $t(r)$ . Экспериментально установлено [3], что в исследуемой конструкции при тепловом воздействии может наблюдаться зона цилиндрической части, работающая практически свободно от торцов. Именно она в основном испытывает наибольшие кольцевые деформации, что свидетельствует о возможности фрагментного подхода к расчету. Если предположить квазиплурную работу материала, считая при этом деформативно-прочностные характеристики его зависящими от температуры, и не учитывать бетон при растяжении, то при различном армировании в кольцевом и вертикальном направлениях имеет задачу об осесимметричной деформации неоднородного ортотропного цилиндра [4]. При построении закона упругости применим формулу, характерную для разномодульной теории упругости [5]:

$$\epsilon_r = \alpha_{rr} r \sigma_r + \alpha_{r\theta} \sigma_\theta + \alpha_{rz} \sigma_z + \alpha t(r),$$

$$\nu_{z\theta} = 0;$$

$$\epsilon_\theta = \alpha_{\theta r} \sigma_r + \alpha_{\theta\theta} \sigma_\theta + \alpha_{\theta z} \sigma_z + \alpha t(r),$$

$$\nu_{zr} = 0;$$

$$\epsilon_z = \alpha_{zr} \sigma_r + \alpha_{z\theta} \sigma_\theta + \alpha_{zz} \sigma_z + \alpha t(r),$$

$$\nu_{r\theta} = 0;$$

где

$$a_{ii} = \begin{cases} 1/E_i(t) & \text{при } \sigma_i < 0; \\ 1/E_a & \text{при } \sigma_i \geq 0; \end{cases}$$

$$a_{ik} = \begin{cases} -\nu_{ik}/E_k(t) & \text{при } \sigma_k < 0; \\ 0 & \text{при } \sigma_k \geq 0. \end{cases}$$

Здесь  $i=r, \theta, z$  и  $k=r, \theta, z$  — главные направления;  $\epsilon_r, \epsilon_\theta, \epsilon_z; \nu_{z\theta}; \nu_{zr}; \nu_{r\theta}$  — соответственно относительные деформации удлинения и сдвига;  $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z$  — соответственно радиальные, тангенциальные и вертикальные напряжения, причем если они меньше 0, то представляют собой напряжения в приведенном материале сжатой зоны, если больше или равны 0 — в растянутой арматуре;  $E_i(t), E_k(t), E_a$  — соответственно модули упругости приведенного материала сжатой зоны по главным направлениям и модуль упругости растянутой арматуры;  $\alpha$  — коэффициент линейного расширения арматуры и бетона (принимается одинаковым).

Очевидно, на участке между внутренним радиусом цилиндра  $a$  и некоторым пока неизвестным  $r_0$  по направлениям  $r$  и  $\theta$  действуют сжимающие напряжения (область 1-го рода). На остальной части цилиндра  $\sigma_r = 0$ , а тангенциальные (или в соответствии с исходными предположениями напряжения в арматуре) больше или равны 0 (область 2-го рода).

Область 1-го рода описываем системой дифференциальных уравнений — равновесия, которое не зависит от формы закона упругости, и совместности деформаций; последнее удобнее записать в виде

$$\frac{\sigma_\theta}{r E_\theta} (1 + \mu_{r\theta}) - \frac{\sigma_r}{r E_r} (1 + \mu_{\theta r}) + (1 - \mu_{z\theta} \mu_{z\theta}) \frac{d}{dr} \left( \frac{\sigma_\theta}{E_\theta} \right) - (\mu_{\theta r} + \mu_{\theta r} + \mu_{zr}) \frac{d}{dr} \left( \frac{\sigma_r}{E_r} \right) + (1 + \mu_{\theta z}) \frac{d}{dr} (\alpha t) = 0.$$

Решение системы находят аналитически в функции неизвестного пока  $r_0$  при граничных условиях:

$$\sigma_r|_{r=a} = 0; \quad \sigma_\theta|_{r=r_0} = 0 \quad (2)$$

в форме рядов; так, для тангенциальных и радиальных напряжений:

$$\sigma_\theta = \sigma_{\theta_0} + \sum_0^k \sigma_{\theta k+1}; \quad \sigma_r = \sum_0^n \int_a^r \times \sigma_{\theta k} dr,$$

$$\text{где } \sigma_{\theta_0} = \frac{E_0}{1 - \mu_{\theta z} \mu_{z\theta}} [c - (1 + \mu_{\theta z}) \alpha t],$$

$$\sigma_{\theta k+1} = - \frac{E_0}{1 - \mu_{\theta z} \mu_{z\theta}} \left[ \int_0^r (1 + \mu_{r\theta}) \times \frac{\sigma_{\theta k}}{r E_\theta} dr - \int_\theta^r \frac{1 + \mu_{\theta r}}{r E_r} \sigma_{rk} dr \right] + \frac{E_0}{E_r} \frac{\mu_{\theta r} + \mu_{\theta z} \mu_{zr}}{1 - \mu_{\theta z} \mu_{z\theta}} \sigma_{rk},$$

где  $c$  — постоянная интегрирования, определяемая из (2). Рассмотрение равновесия области 2-го рода (растянутой в кольцевом направлении), состоящей только из арматурных стержней, и выполнение условий ее «контакта» с областью 1-го рода посредством равенства радиальных напряжений (при этом выполняются и кинематические условия при  $r=r_0$ ) позволяют вывести формулы для всех искомым параметров. В частности, напряжения в  $i$ -м слое кольцевой арматуры определяются как

$$\sigma_{\alpha i} = E_a \left[ \frac{r_0}{r_{\theta i}} \alpha t \right]_{r=r_0} + \frac{\alpha_\theta}{r_{\theta i}} \int_{r_0}^{r_{\theta i}} \times t dr - \alpha_\theta t_i,$$

где  $r_{\theta i}, t_i, \alpha_\theta$  — соответственно радиус и температура  $i$ -го слоя растянутой арматуры и коэффициент ее линейного расширения. Аналогично решаются задачи по определению напряжений и деформаций в вертикальном направлении.

$r, \text{ м}$	$t, \text{ }^\circ\text{C}$	$u \cdot 10^2, \text{ мм}$	$\varepsilon_\theta \cdot 10^{-5}, \text{ отн. ед.}$	$(\varepsilon_\theta - \alpha t) 10^6, \text{ отн. ед.}$	$\sigma_\theta / \sigma_a, \text{ МПа}$	$\sigma_r, \text{ МПа}$
0,55	400	113,8/—	207,2/—	173/—	48/—	0
0,61	306	140,1/—	235,0/—	-51/—	-20/—	3,67
0,67	230	150,1/—	224,0/—	14,6/—	26/—	3,57
0,72	188	159,4/155	221,4/215	53,4/47	101/89	3,33
0,78	150	168,3/160	215,8/205	86,0/75	163/142	3,07
0,84	124	175,3/151	208,6/180	104,7/80	199/152	0

Примечание.  $u$  — радиальные перемещения; перед чертой — теоретические значения, после черты — опытные.

Для количественной оценки применимости расчетного аппарата и дальнейшего исследования работы тяжелого армоцемента проведены тепловые испытания на цилиндрах. Один из них представляет собой полый фрагмент высотой 600 мм толстостенного сосуда [3] с внутренним радиусом 550 мм, толщиной стенки 290 мм. Содержание арматурной проволоки диаметром 5 мм в кольцевом направлении составило 11%, в вертикальном — 8%; бетон мелкозернистый марки М500. Образец подвергался различным режимам внутреннего нагрева до 400°C, при этом тензометрической аппаратурой фиксировались значения деформаций, раскрытия трещин и температуры по характерным сечениям.

Эксперимент подтвердил результаты опытов, полученные при растяжении плоских образцов на трещиностойкость и деформативность тяжелого армоце-

мента. Процесс трещинообразования в цилиндре заканчивался при напряжениях во внешних слоях арматуры порядка 150 МПа; максимальные остаточные деформации даже при нагреве до 400°C находились в пределах 8—10%, что подтверждает высокий предел упругой работы материала. Максимальное раскрытие трещин, обнаруженное при 400°C, не превысило 0,14 мм.

На основании разработанного алгоритма для ЭВМ ЕС была составлена программа и выполнен ряд расчетов цилиндрической части сосуда [3] и положение цилиндра на внутренний нагрев от 100 до 400°C (см. таблицу). Сравнение опытных и теоретических параметров показывает вполне удовлетворительное их соответствие.

#### Выводы

Исследование таких факторов, как процент и дисперсность армирования, связанность деформаций бетона арма-

турой, однородность бетона, позволяет обеспечивать тяжелому армоцементу повышенную трещиностойкость и высокий предел упругой работы как при нагрузке, так и при тепловых воздействиях.

Предложенная методика расчета толстостенного цилиндра из тяжелого армоцемента позволяет получить решение в замкнутом виде, удовлетворительно согласующееся с опытными данными, и может быть использована при расчетах сосудов давления и других емкостей из указанного материала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панарин Н. Я., Шоршнев Г. Н., Берестнев В. И. Экспериментальные исследования дисперсно-армированного железобетона с высоким содержанием арматуры. — В кн.: Материалы VII Всесоюзной конференции по бетону и железобетону. Л., 1972.
2. Шоршнев Г. Н., Стариков О. И., Панарин С. Н., Румянцев Р. М. Сосуды давления из «тяжелого армоцемента». — Бетон и железобетон, 1978, № 4.
3. Шоршнев Г. Н., Морозов В. И. Результаты исследования напряженно-деформированного состояния толстостенного сосуда из тяжелого армоцемента при внутреннем нагреве. — В кн.: Совершенствование методов расчета и исследование новых типов железобетонных конструкций. Межвуз. темат. сб. трудов. Л., ЛИСИ, 1981.
4. Амбарцумян С. А. Разномодульная теория упругости. М., Наука, 1982.
5. Морозов В. И. Об учете анизотропии при расчете цилиндра из тяжелого армоцемента на неравномерный нагрев. — В кн.: Совершенствование методов расчета и исследование новых типов железобетонных конструкций. Межвуз. сб. трудов. Л., ЛИСИ, 1979.

УДК 624.012.45.046.5

Е. А. ГУЗЕЕВ, д-р техн. наук (НИИЖБ); Б. И. ПИЛУС, канд. техн. наук (Иркутский политехнический ин-т)

## Оценка надежности железобетонных конструкций при низких температурах

Современные теоретические представления и имеющиеся экспериментальные данные в области стойкости бетона и железобетона при длительном и циклическом замораживании делают актуальной, а математический аппарат теории надежности — разрешимой оценкой степени сохранности эксплуатационных свойств конструкций в экстремальных условиях. Авторами изучена кинетика риска потери несущей способности по прочности нормальных к продольной оси сечений изгибаемых элементов, подвергаемых циклическому замораживанию.

Согласно существующим гипотезам, деструктивное влияние мороза на влагонасыщенный бетон состоит в вероятном развитии внутреннего напряженного состояния вследствие возникновения кристаллизационного, гидравлического или гидростатического давления в структуре материала при фазовых превращениях поровой влаги и термической не-

совместимости композитов в условиях температурного деформирования. Однако независимо от механизма процесса его последствия с точки зрения физики деформации однозначны и состоят в развитии внутренних микроразрушений, т. е. физической основой отказов, а следовательно, и снижения надежности при ЦЗО является кинематический процесс развития и накопления микротрещин.

Специфика поведения железобетона при замораживании обусловлена наличием арматуры, в общем случае термически несоместимой с влагонасыщенным бетоном. Она заключается в появлении внутренних температурных напряжений, причем на ранних этапах температурно-влажностных воздействий возникновение температурно-напряженных полей с избытком компенсируется одновременным повышением механической прочности замороженного бетона. По мере развития морозной деструкции

более вероятной становится обратная картина (при условии обеспечения надежной анкеровки арматуры). Это подтверждается отказами железобетонных элементов на этапах замораживания перед исчерпанием морозостойкости [1].

Надежность железобетонных изгибаемых элементов по прочности нормальных к продольной оси сечений состоит в вероятностной оценке соблюдения неравенства на стадиях замораживания и оттаивания

$$N = p (M_0^t \geq M), \quad (1)$$

$$\text{где } p = 0,5 \pm 0,5 \Phi \frac{M_0^t - M}{S(\Delta M_0^t - \Delta M)}$$

Функциональные зависимости момента внешних сил  $M$  и момента внутренних усилий  $M_0$  (определяемых по средним значениям внешних воздействий) могут быть представлены выражениями:

Стадия	ЦЗО	Бетон			Арматура	
		$P(x^2)$	$R_{пр}^t$ МПа	$SR_{пр}^t$ МПа	1Ø12	1Ø14
Исходная	4	0,66	24,0	3,0	37,3/8,7*	43,1/8,8
		0,74	33,4	3,7		
Замораживание	30	0,41	22,4	3,4	71,4/30,6	71,8/20,6
	45	0,06	21,0	4,4	71,6/23,4	68,0/20,1
Оттаивание	10	0,27	24,5	3,5	15,6/3,9	17,8/5,4
	31	0,37	20,2	5,4	42,7/12,7	48,0/16,3
	45	0,23	19,1	5,1	48,5/13,2	57,2/19,9

\* Перед чертой —  $\varepsilon_{at} \cdot 10^{-5}$ , после черты —  $S_{\varepsilon_{at}}$ .

$$M = F(\bar{q}, \bar{P}, l_0) = \frac{(\bar{P} + \bar{q}) l_0^2}{8};$$

$$M_0^t = F(\bar{R}_a, \bar{\sigma}_a^t, \bar{R}_{пр}^t, b, h_0, F_a) = \left[ \frac{(R_a - \sigma_a^t) F_a}{R_{пр}^t b h_0} \right] \left[ 1 - 0,5 \times \frac{(\bar{R}_a - \sigma_a^t) F_a}{\bar{R}_{пр}^t b h_0} \right] b h_0^2 \bar{R}_{пр}^t.$$

Среднеквадратическое отклонение  $S(\Delta M_0^t - \Delta M)$  устанавливают на основании теоремы о композиции гауссовских распределений.

Одновременно находим характеристики безопасности [2]

$$\gamma = \frac{M_0^t M}{S(\Delta M_0^t - \Delta M)} \quad (3)$$

и коэффициент запаса

$$K = (1 - \gamma^8 \omega_{M_0}^t)^{-1} [1 + \sqrt{1 - \gamma^2 \omega_{M_0}^2 t} (1 - \gamma^2 \omega_{M_0}^2)] \quad (4)$$

где  $\omega_M = S_{\Delta M} M^{-1}$ ;  $\omega_{M_0}^t = S_{\Delta M_0^t} (M_0^t)^{-1}$

Изменчивость входящих в функциональные зависимости (2) параметров геометрических размеров в общем случае можно определить в соответствии с требованиями ГОСТ к допускам на изготовление и приемку железобетонных конструкций, причем поскольку изменчивость этих величин, как правило, ниже изменчивости других параметров, то в практических расчетах надежности ею можно пренебречь. Что касается оценки разброса показателей прочности, то ее следует производить с учетом экспериментальных данных. Наиболее существенно изменяются в условиях ЦЗО свойства бетона.

Авторы испытали партию бетонных и армированных призм размером  $100 \times 100 \times 400$  мм. Образцы подвергали циклическому замораживанию ( $-42^\circ\text{C}$ ) и оттаиванию в воде по режиму, установленному стандартом. На всех этапах температурно-влажностных воздействий измеряли общие деформации образцов и деформации забетонированных арматурных стержней по методике [3]. Показания приборов фиксировались автоматически мостом ЦТМ-5. Периодически осуществляли механические испытания призм в замороженном (в специальных

термостатах) и оттаившем состоянии.

Ввиду ограниченности экспериментальных выборок (на каждом этапе испытывали 12—15 образцов) для установления более достоверной аппроксимирующей кривой теоретического распределения производили их дополнение розыгрышем вариантов по методу Монте Карло. Оценку степени аппроксимации дополнительной экспериментальной выборки соответствующим теоретическим распределением производили по критерию согласия Пирсона.

Обобщающие показатели статистической обработки представлены в таблице.

Полученные данные свидетельствуют о том, что характер статистического распределения, изменчивость прочности и деформаций в процессе циклического замораживания и оттаивания меняются, и это необходимо учитывать при назначении нормативных значений с гарантированной обеспеченностью. Во-вторых, непосредственно перед истощением морозостойкости бетонов возрастает

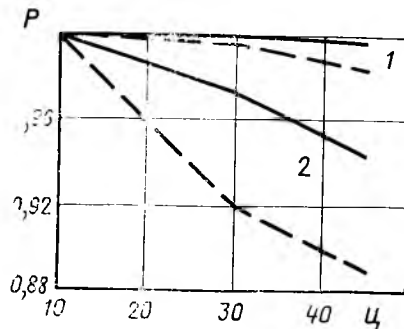


Рис. 1. Изменение показателя надежности и прочности балок в процессе замораживания (1) и оттаивания (2) для группы I: — для группы II

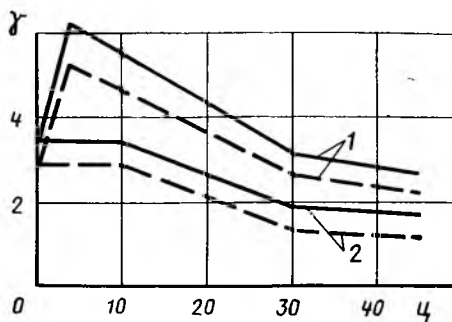


Рис. 2. Изменение параметра характеристики безопасности по прочности нормального сечения в процессе замораживания (1) и оттаивания (2) Усл. обозначения см. по рис. 1

вероятность отказа изгибаемых элементов в стадии замораживания из-за неполной компенсации дополнительных температурных усилий (деформации арматуры возрастают почти в 2 раза) приростом прочности охлажденного бетона. Кроме того, отсутствие инвариантности изменений в арматуре и бетоне при ЦЗО приводит к изменению прогнозируемого характера разрушения изгибаемых элементов при приложении внешней нагрузки.

Далее приведены результаты оценки надежности с использованием экспериментальных данных. Расчет выполнен для двух групп опытных балочных образцов сечением  $100 \times 200$  мм, пролетом 2100 мм, армированных 2Ø12A-IV (тип I) и 2Ø14A-IV (тип II). Сохранен неизменным коэффициент армирования призматических и изгибаемых элементов. Проверка по формулам СНиП II-21-75 и пробные испытания после ЦЗО кратковременно действующей нагрузкой показали, что для первой группы балок характерно разрушение с пластическим течением арматуры, а для второй — хрупкое с выкрашиванием сжатого бетона.

Изменение надежности балок при ЦЗО показано на рис. 1. Вероятность безотказной работы элементов по прочности нормальных сечений после 10 циклов (20% стандартной морозостойкости бетона) заметно уменьшается. Это обусловлено снижением прочностных параметров бетона в оттаившем состоянии. Как и следовало ожидать, для принятых функциональных моделей надежности деструктивные процессы в бетоне в большей степени сказываются на изгибаемых элементах, несущая способность которых определяется прочностью и изменчивостью сжатого бетона. В дальнейшем наблюдается ощутимое снижение работоспособности замороженных элементов.

Отметим также, что характеристика безопасности конструкции  $\gamma$  более чувствительна (по кинетике) к последствиям структурных изменений (рис. 2). Поэтому ее также можно рассматривать как критерий допустимого уровня потери элементом эксплуатационных свойств.

Величина коэффициента запаса практически одинакова для обеих групп элементов и в процессе ЦЗО снижается с 2,1 до 1,57.

В заключение необходимо отметить, что оценка изменчивости работоспособности железобетонных конструкций в процессе циклических низкотемпературных воздействий позволит (при условии наличия нормированного минимального уровня надежности) обоснованно назначать коэффициент условий работы ( $m_{б.з}$  по СНиП II-21-75) и устанавливать оптимальные межремонтные сроки исходя из реальных условий эксплуатации зданий и сооружений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Горчаков Г. И., Гузеев Е. А., Сейлапов Л. А. Совместное влияние нагрузки и отрицательной температуры на деформативность изгибаемых элементов. — Бетон и железобетон, 1980, № 9.
- Р ж а н и ц ы н А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. М., Стройиздат, 1978.
- П и н у с Б. И., К а ж а р с к и й В. В. Анкерка арматуры в бетоне при низкотемпературных воздействиях. — Известия вузов. Строительство и архитектура, 1983, № 1.

Ю. И. ОРЛОВСКИЙ, канд. техн. наук (Львовский филиал НИИСМИ);  
Р. Я. ЛИВША, инж. (Львовский политехнический ин-т)

## Прогнозирование коэффициента температурно-влажностных деформаций бетона

Бетон в конструкциях находится во влажном и водонасыщенном состоянии и одновременно испытывает температурное воздействие. В особо сложных условиях работают стены душирующих установок мартеновских печей, градирни ТЭЦ, испытывающие нагрев и обильное увлажнение. Нелинейное распределение температуры и влажности в сечениях конструкций приводит к возникновению напряжений, снижающих их долговечность.

Понятие коэффициента линейного температурного расширения (КЛТР) отражает относительные деформации материала, связанные с изменением только температуры. Усадка и набухание бетона при изменении его влажности обладают другим физическим смыслом [1], поэтому более целесообразно температурные деформации влажного или водонасыщенного бетона характеризовать коэффициентом температурно-влажностных деформаций (КТВД) —  $\alpha_{\text{в}}$ .

В работах [2, 3] установлено, что влажность и состав бетона существенно влияют на его температурно-влажностные деформации. При этом изучали совместное влияние влажности и положительных температур в интервале 20...120°C на деформации цементного камня, растворную часть и собственно легких и тяжелых бетоны.

В большинстве исследований, проведенных на dilatометрах, при определении КЛТР применяли образцы-призмы размером 4×4×16 см или цилиндры длиной по оси 11—30 мм [2]. По нашему мнению, для получения достоверных значений КЛТР и КТВД образцы должны иметь значительно большие размеры. В опытах использовали образцы двух типоразмеров 14 серий: 4×4×16 и 10×10×51,5 см, изготовленные из цементного камня с  $V/C=0,3..0,5$ ; из цементно-песчаного раствора с  $C:P=1:1, 1:2, 1:3$  и  $V/C=0,4$ , хранившиеся после изготовления 28 сут в различных условиях; из керамзитобетона и

тяжелого бетона с различным количеством пористого и плотного заполнителей и  $V/C=0,4..0,83$  (см. таблицу).

В качестве вяжущего применяли аливтовый портландцемент марки 400 Николаевского цементного завода минералогического состава, %:  $C_3S=60,82$ ;  $C_2S=14,73$ ;  $C_3A=9,65$ ;  $C_4AF=9,12$ ;  $CaSO_4=4$ . Образцы формовали в кассетных металлоформах на виброплощадке в течение 30 с. Через сутки их распалубливали и взвешивали. Компаратором фирмы «Амслер» измеряли расстояние между реперами, забетонированными в торцах образцов, после чего они твердели 28 сут в различных условиях (см. таблицу). Хранили образцы в лабораториях в условиях всесторонней сушки. На протяжении года измеряли текущие деформации усадки, затем образцы высушивали до постоянной массы, испытывали на набухание при водонасыщении в течение 50—100 сут и изучали влияние влажности на КТВД. Образцы размером 10×10×51,5 см после распалубки на протяжении года твердели в условиях всесторонней сушки в лаборатории. Их испытывали в аналогичной последовательности по методике [4].

Результаты исследований представлены на рис. 1. Идеализированный график зависимости КТВД от влажности бетона приведен на рис. 2. Установлено, что кривая зависимости КТВД от влажности бетона напоминает кривую усадки цементного камня, полученную А. Е. Шейкиным [6], за исключением участка *ЕД*, который в опытах отсутствует. Это подтверждает мнение о том, что значительное влияние на температурные деформации влажного бетона оказывает капиллярное давление. Отсутствие участка *ЕД* следует объяснить тем, что после водонасыщения образцы в течение 7—10 сут находились в помещении лаборатории и к моменту испытания потеряли некоторое количество воды при достижении максимального значения капиллярных сил. При этом последние начали интенсивно

№ серии	Вид материала	Размер образцов, см	Условия хранения	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>				V/C	Средняя плотность после пропаривания, кг/м <sup>3</sup>	R <sub>сж</sub> в момент испытания, МПа
				цемент	щебня	керамзита	песка кварцевого или перлитового			
1	Керамзитобетон	10×10×51,5	Воздушно-сухое	572	—	572	567	0,40	1678	28,0
2	»	10×10×51,5	В воде	580	—	572	567	0,45	1660	29,6
3	»	4×4×16	Во влажных опилках	523	—	526	488	0,70	1545	27,9
4	»	4×4×16	То же	317	—	574	597	0,48	1490	27,1
5	Тяжелый бетон	10×10×51,5	Воздушно-сухое	383	1320	—	567	0,40	2440	33,2
6	То же	4×4×16	Во влажных опилках	222	1320	—	726	0,71	2277	24,4
7	»	10×10×51,5	В воде	383	1320	—	567	0,40	2440	42,5
8	»	4×4×16	Во влажных опилках	368	1210	—	685	0,50	2294	34,1
9	Керамзитоперлитобетон	4×4×16	То же	510	—	515	152	0,55	1355	23,0
10	»	4×4×16	»	454	—	463	165	0,61	1336	17,5
11	»	4×4×16	»	368	—	545	158	0,83	1205	12,6
12	Цементно-песчаный раствор (1:1, 1:2, 1:3)	4×4×16	Воздушно-сухое	—	—	—	—	0,40	—	27;24;22
13	То же	4×4×16	В воде	—	—	—	—	0,40	—	37;32;26
14	» (1;3)	4×4×16	Во влажных опилках	—	—	—	—	0,65	1931	19,0

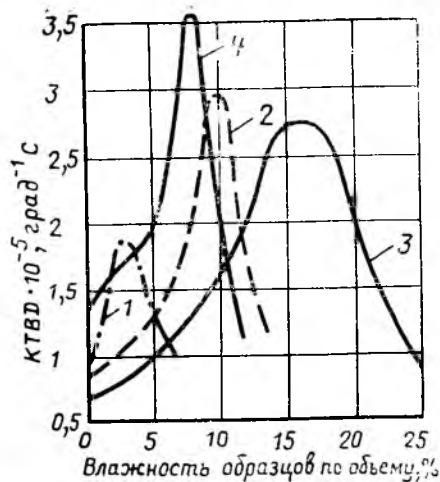


Рис. 1. Зависимость КТВД от влажности  
1 — тяжелый бетон; 2 — керамзитобетон; 3 —  
керамзитоперлитобетон; 4 — цементно-песчаный  
раствор (1:3)

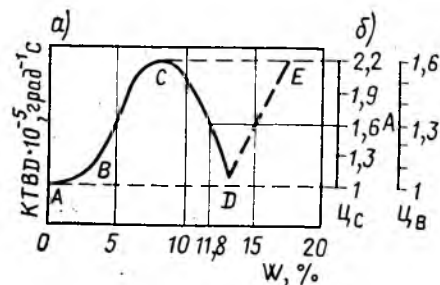


Рис. 2. Идеализированный график зависимости КТВД от влажности бетона (а); коэффициенты  $A$  для образцов серии  $C_c$  и  $C_v$  (б)

уменьшаться, что вызвало появление упругих деформаций и увеличение КТВД на участке  $ДС$ . Вместо исчезающих капиллярных сил вступили в действие новые факторы, и в результате испарения межкристаллической воды значительно сократился объем цементного камня на участке  $ДС$ . Опыты подтвердили выводы [7], согласно которым в растворах и тяжелых бетонах капиллярное давление достигает максимума при влажности образцов 10—12, полностью исчезает при 6—8, а начало деформаций, обусловленных испарением межкристаллической воды, — при 7—11% по объему (см. рис. 1). В керамзитобетоне и керамзитоперлитобетоне эти значения влажности увеличиваются.

При повышении прочности бетонов протяженность участка  $СВ$  уменьшается. Для практического пользования построена зависимость коэффициента  $A$  (отношение максимального опытного значения КТВД к минимальному) от прочности бетона.

В образцах меньших размеров всех серий контролировали количество не испаряющейся при 105°C воды, которое характеризует степень гидратации цемента. Установлено, что коэффициент  $A$  пропорционален показателю  $(Ц+П)/Ц$  и прочности растворной части для образцов, хранившихся после изготовления как в воде, так и в воздушно-влажностных условиях. Для одних и тех же образцов  $A$  уменьшался с увеличением кристаллической составляющей в цементном камне. Полученные результаты проверяли при исследовании керамзитобетона и тяжелого бетона различных составов и  $В/Ц$ . На рис. 3 видно, что опытные точки, характеризующие коэффициент  $A$  для образцов из легких бетонов, располагаются вблизи прямой 1 с уравнением

$$A_1 = 6,3 - 0,15 R_{сж}; \quad (1)$$

из тяжелого бетона — вблизи прямой 2 с уравнением

$$A_2 = 3 - 0,03 R_{сж}. \quad (2)$$

Коэффициент  $A$  можно определять для соответствующих значений влажности в зависимости от условий твердения бетона. Установлено, что с увеличением в цементном камне кристаллической составляющей КТВД уменьшается, поэтому для более точного прогнозирования КТВД следует учитывать степень гидратации цемента или возраст бетона с помощью коэффициента  $B$  (рис. 4).

Исследованиями [5] установлено, что для полной гидратации цемента необходимо 40% воды к первоначальной массе сухого цемента. Коэффициент  $B$  определяли отношением опытных значений КТВД образцов с определенными условиями хранения и количеством связанной воды к значению КТВД гидратированного цементного камня, определенного опытным путем и равного  $0,7 \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$ . Предложенные зависимости для определения коэффициента  $B$  для образцов, хранившихся 28 сут в воздушно-сухих условиях и в воде, имеют вид:

$$B_1 = 1,76 - 0,019 W_{г.ц}; \quad (3)$$

$$B_2 = 2,66 - 0,0415 W_{г.ц}. \quad (4)$$

где  $W_{г.ц}$  — количество гидратированного цемента.

По результатам исследований получены зависимости для прогнозирования КТВД цементного камня, растворной части, легких и тяжелых бетонов на портландцементе:

$$\alpha_{ц.к}^B = A B \alpha_{ц.к}; \quad (5)$$

$$\alpha_{р.ч}^B = A (B K_{ц.к}^V \alpha_{ц.к} + K_{м.з}^V \alpha_{м.з}); \quad (6)$$

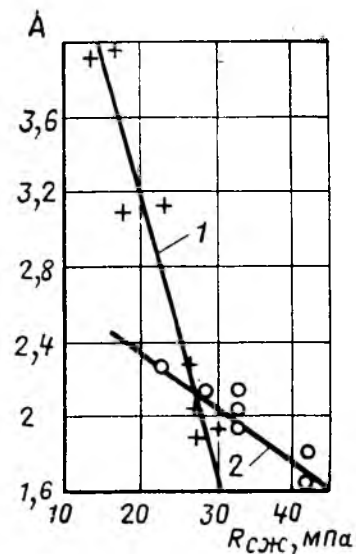


Рис. 3. Зависимость коэффициента  $A$  от прочности легкого (1) и тяжелого (2) бетонов

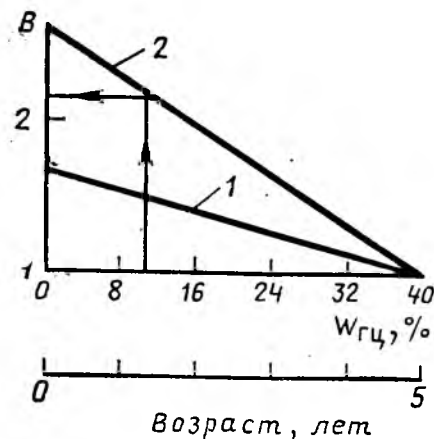


Рис. 4. Поправочный коэффициент  $B$ , учитывающий количество гидратированного цемента, для образцов  
1 — воздушно-сухого хранения; 2 — хранившихся в воде 28 сут

$$\alpha_6^B = A (B K_{ц.к}^V \alpha_{ц.к} + K_{м.з}^V \alpha_{м.з} + K_{к.з}^V \alpha_{к.з}); \quad (7)$$

где  $K_{ц.к}^V$ ,  $K_{м.з}^V$ ,  $K_{к.з}^V$ ;  $\alpha_{ц.к}$ ,  $\alpha_{м.з}$ ,  $\alpha_{к.з}$  — содержание в общем объеме бетона цементного камня, мелкого и крупного заполнителей и соответствующие значения КЛТР;  $A$ ,  $B$  — коэффициенты, учитывающие влажность и возраст (или количество связанной воды) бетона.

Согласно [3], свойства бетонной смеси предлагается рассматривать в зависимости от характеристик  $C$ ,  $W$ ,  $\alpha$  — объемной концентрации цементного камня в бетоне,  $В/Ц$  в конце периода формирования структуры и

степени гидратации цемента соответственно. Анализ полученных результатов показал, что при прогнозировании температурно-влажностных деформаций растворов и бетонов коэффициент  $A$  учитывает влияние характеристик  $C$  и  $W$ , а  $\beta - \alpha$ .

При сопоставлении опытных и расчетных результатов использовали данные [1, 2]. Средние отношения расчетных значений КТВД, вычисленных по зависимостям (5)–(7), к опытным составили для керамзитобетона 0,91 при коэффициенте изменчивости 0,043, для тяжелого бетона — соответственно 0,93 и 0,028, что свидетельствует об их удовлетворительной сходимости.

### Выводы

Значение КТВД бетонов одного и того же вида и прочности зависит от эксплуатационной влажности, возраста, содержания в общем объеме бетона цементного камня и заполнителей. Установлено, что КТВД для бетонов различной влажности колеблется в значительных пределах, что объясняется миграцией воды в теле бетона при изменении температуры и деформаций усадки или набухания.

Прогнозировать КТВД цементного камня, растворной части и бетона в зависимости от влажности и возраста бетона в интервале температур  $+20...+120^{\circ}\text{C}$  можно с достаточной точностью по зависимостям (5)–(7).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский С. В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменение температуры и влажности с учетом ползучести. — М.: Стройиздат, 1973.
2. Горчаков Е. И., Лифанов И. И., Терехин Л. Н. Коэффициенты температурного расширения и температурная деформация строительных материалов. — М.: Госстандарт, 1968.
3. Горчаков Г. И., Орентлихер Л. П., Савин В. И. и др. Состав, структура и свойства цементных бетонов. — М.: Стройиздат, 1976.
4. Астафьев В. И., Орловский Ю. И., Ливша Р. Я. Влияние влажности на температурные деформации бетона сборных дорожных покрытий. — Автомобильные дороги, 1982, № 6.
5. Марков А. И., Михайлов Н. В. О соотношении между водой и цементом в гидратных новообразованиях, полученных при температурах твердения до  $100^{\circ}\text{C}$ . — Коллоидный журнал, 1967, т. 24, № 3.
6. Шейкин А. Е. Структура, прочность и трещиностойкость цементного камня. — М.: Стройиздат, 1974.
7. Цилованы З. Н. Усадка и ползучесть бетона. — Тбилиси: Мацниереба, 1979.

УДК 691.327:539.55

И. М. КРАСНЫЙ, канд. техн. наук, В. К. ВЛАСОВ, инж. (НИИЖБ)

## Прибор для определения вязкости бетонной смеси

В настоящее время для оценки формовочных свойств бетонных смесей используют показатель удобоукладываемости (жесткость или подвижность), определяемый по ГОСТ 10181.1—81. Этот показатель не дает полного представления о способности смеси заполнять форму и уплотняться при вибрационном воздействии, так как часто различные по составу бетонные смеси с одинаковой удобоукладываемостью имеют различную вязкость [1], а связь между ними нелинейна и изучена недостаточно. Кроме того, наличие двух характеристик (жесткости и подвижности) для выражения одного свойства бетонной смеси (удобоукладываемости) затрудняет оценку влияния технологических факторов на формовочные свойства смесей.

Более точно формуемость бетонной смеси характеризуют ее реологические свойства, в частности вибровязкость, т. е. вязкость смеси при вибрационном воздействии заданной амплитуды и частоты  $\nu$ . Для определения  $\eta$  предложены приборы различных конструкций [2, 3]. Относительная сложность существующих приборов не позволяет широко их использовать.

Указанные недостатки устранены в простом приборе с погружающимся ша-

риком (рис. 1), состоящем из платформы с бортиками. В центре платформы закреплена муфта, в которой свободно перемещается стержень. С одного конца к стержню приварен полый шарик диаметром 16,5 мм, на другом имеется резба, на которую крепят грузы различной массы.

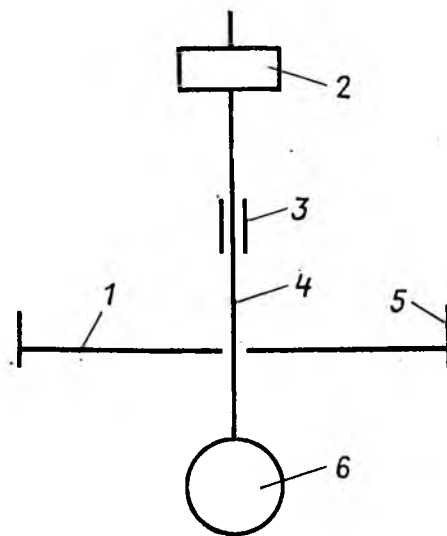


Рис. 1. Прибор для определения вязкости бетонной смеси  
1 — платформа; 2 — груз; 3 — муфта; 4 — стержень; 5 — стержень; 6 — шарик

Для определения  $\eta$  прибор устанавливают платформой на поверхность уплотненной смеси, включают вибрацию и наблюдают за погружением. При совмещении нижней риски на стержне с муфтой включают, а при совмещении верхней — выключают секундомер, определяя время погружения шарика на заданную глубину.

Значение  $\eta$  рассчитывают по формуле Стокса

$$\eta = \frac{F_c}{6\pi R v}, \quad (1)$$

где  $F_c$  — сила сопротивления;  $R$ ,  $v$  — соответственно радиус и скорость погружения шарика.

$F_c$  определяют по формуле

$$F_c = P - F_a, \quad (2)$$

где  $P$  — сила тяжести шарика с грузом;  $F_a$  — Архимедова сила.

Коэффициент  $6\pi$  в формуле (1) получен Стоксом для ньютоновских жидкостей, поэтому вибровязкость бетонных смесей, вычисленная по этой формуле, имеет условный характер.

При использовании шарикового прибора необходимо учитывать характер функции  $F_c = f(v)$ . При нелинейности этой зависимости использование такого прибора было бы затруднительно, так как вязкость, зависящая от скорости

перемещения шарика  $v$ , была бы величиной переменной.

Зависимость  $F_c = f(v)$  изучали на мелкозернистой смеси и смеси со щебнем. В качестве вяжущего использовали портландцемент марки 400 Воскресенского завода. Крупным заполнителем служил гранитный щебень фракций 5—10 и 10—20 мм в равном соотношении по массе, а мелким — песок Московского карьера с  $M_{кр} = 1,7$ . Вибрирование бетонных смесей производили на лабораторной виброплощадке А-375 с частотой 50 Гц и амплитудой колебаний 0,5 мм. Скорость погружения шарика изменяли в зависимости от массы груза (см. рис. 1).

Значение  $\eta$  определяли в процессе вибрирования смеси после ее уплотнения в сосуде диаметром 120 и высотой 100 мм, закрепленном на вибростоле. Шарик имел диаметр 16,5 мм. Вязкость начинали измерять через 10 мин для подвижных и 20 мин для жестких смесей после их затворения, так как предварительными опытами (рис. 2) было установлено, что в этот период вязкость повышается, после чего стабилизируется. Так как это явление наблюдали на смеси, в которой цемент был заменен молотым песком, то с гидратацией цемента оно не связано.

Из данных, представленных на рис. 3, следует, что для жестких смесей зависимость  $F_c = f(v)$  криволинейна, а для подвижных — прямолинейна. Однако до

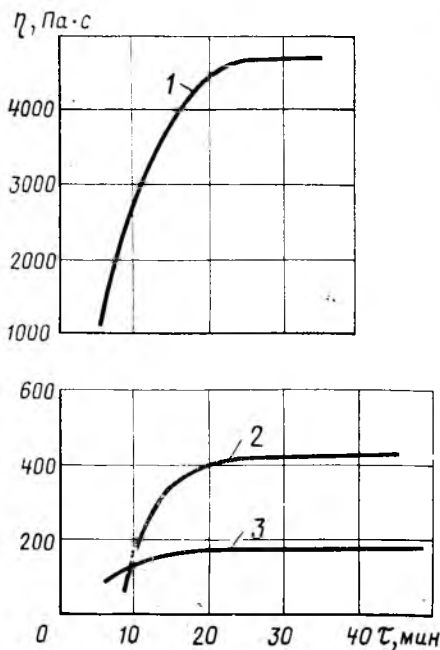


Рис. 2. Влияние времени выдерживания бетонной смеси на вязкость

1 — состав 1:3 (цемент:песок),  $V/C = 0,45$ ,  $Ж = 8$  с; 2 — состав 1:3 (цемент:песок),  $V/C = 0,56$ ,  $О.К. = 6$  см; 3 — состав 1:3 (молотый песок:песок),  $V/C = 0,73$ ,  $О.К. = 6$  см

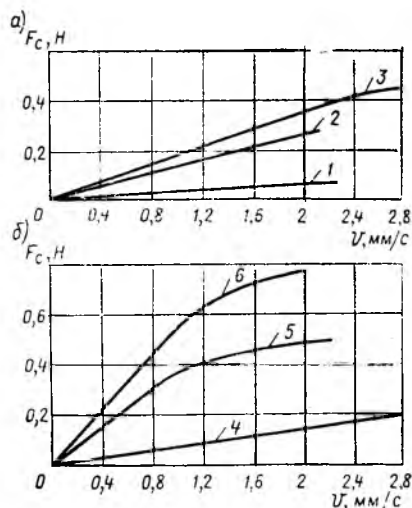


Рис. 3. Влияние скорости погружения шарика на силы сопротивления

а — мелкозернистая бетонная смесь состава Ц:П=1:3; б — смесь со щебнем состава Ц:П:Щ=1:2:3; 1 —  $V/C = 0,6$ ,  $О.К. = 8$  см; 2 —  $V/C = 0,5$ ,  $Ж = 6$  с; 3 —  $V/C = 0,48$ ,  $Ж = 11$  с

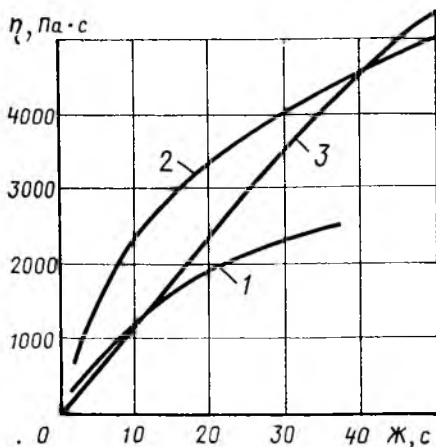


Рис. 4. Зависимость  $\eta$  от жесткости бетонной смеси

1 — мелкозернистая бетонная смесь; 2 — смесь со щебнем, 3 — по данным [5]

значения  $v$  для мелкозернистой бетонной смеси — 2 мм/с и смеси со щебнем — 1 мм/с кривые зависимости  $F_c = f(v)$  аппроксимируются прямыми. В указанных пределах скоростей погружения жестких бетонных смесей значения вязкости постоянны [4].

На рис. 4 показана зависимость между показателем жесткости и  $\eta$  мелкозернистой смеси и смеси со щебнем. Жесткость приведена к ГОСТ 10181—81 делением на коэффициент 4. При постоянном значении жесткости  $\eta$  мелкозернистой смеси в 1,5—2 раза меньше, чем смеси со щебнем.

Точность определения шариковым прибором оценивали коэффициентом вариации по результатам испытаний 34

проб бетонной смеси. Коэффициент вариации при этом составил 7,4%.

#### Выводы

Разработанная методика и прибор для определения условной вибровязкости бетонных смесей, в том числе смесей со щебнем, достаточно просты. Определение вибровязкости по данной методике позволит учитывать влияние различных технологических факторов на формовочные свойства бетонных смесей, а также оценивать эффективность различных режимов вибрации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красный И. М., Воробьев Ю. А. Исследование некоторых технологических и прочностных характеристик товарного мелкозернистого бетона. — В кн.: Технология и свойства тяжелого бетона, вып. 16. — М.: Стройиздат, 1974.
2. Десов А. Е. О структурной вязкости цементного теста, раствора и бетонной смеси. — Коллоидный журнал, 1951, т. VII, вып. 5.
3. Лапса В. Х. Шариковый консисметр для мелкозернистых и ячеистых бетонных смесей. — Строительные материалы, 1978, № 5.
4. Савинов О. А., Лавринович Е. В. Теория и методы формирования железобетонных изделий. — Л.: Стройиздат, 1972.
5. Сорокер В. И., Довжик В. Г. Жесткие бетонные смеси в производстве сборного железобетона. — М.: Стройиздат, 1964.

## Новые книги Стройиздата

Динамический расчет зданий и сооружений /Под ред. Б. Г. Коренева, И. М. Рабиновича. — 2-е изд., перераб., доп. — М., Стройиздат, 1984.

Карпунин В. Т. Эффективность комплексной организации крупнопанельного домостроения. — М., Стройиздат, 1984.

Оборудование лабораторий строительномонтажных организаций и предприятий стройиндустрии /Гл. ред. П. Ф. Бакума. — 3-е изд., перераб., доп. — М., Стройиздат, 1984.

Сейсмостойкие здания и развитие теории сейсмостойкости. По материалам VI Междунар. конференции по сейсмическому строительству /Под ред. С. В. Полякова, А. В. Черкашина. — М., Стройиздат, 1984.

Горев В. Н. Совершенствование организационной структуры управления строительным производством. — М., Стройиздат, 1984.

Шкляр Н. Д., Калинин М. С. Гражданские крупнопанельные здания на крайнем Севере. — Л., Стройиздат, 1984.



## Модернизированные станки для резки арматурной стали

Гипростроммашем при участии заводоизготовителей проведена модернизация станков для резки арматурной стали. Модернизированные станки СМЖ-172Б и СМЖ-322А имеют электромеханический привод, а СМЖ-133А и СМЖ-175А — гидравлический.

Станок СМЖ-172Б (рис. 1) включает в себя станину, на которой закреплен неподвижный нож и размещена кулиса с подвижным ножом, открытые зубчатые передачи и электродвигатель. Вращение от электродвигателя на входной вал с маховиком передается клиноременной передачей. Эксцентриковый вал сообщает кулисе качательные движения относительно оси ее крепления. Подвижный нож при работе совершает непрерывно следующие друг за другом ходы.

При модернизации станка усилены валы, их опоры, а также кулиса. Камень кулисы, передающий на нее движение от эксцентрикового вала, выполнен с плоскими опорными поверхностями и закаленной прокладкой в виде пластины. Это значительно уменьшает давление между сопряженными трущимися деталями и повышает их износостойкость.

Станок СМЖ-322А (рис. 2) имеет закрытые зубчатые передачи, работающие в масляной ванне. Электродвигатель передает вращение также на маховик. Подвижный нож расположен на кулисе, которая совершает качательные движения от вала с кривошипом. В одном из исполнений станок можно оснащать механизмом противодавления, при помощи которого достигается лучшее качество среза арматурного стержня (без заусенцев и отгиба конца). Ширина ножей 40 мм, что повышает качество резки и уменьшает их изнашивание.

Станок может работать в двух режимах: с непрерывными, следующими один за другими резами арматуры и с одиночными резами, когда кулиса с ножом останавливается после каждого реза. Режим работы станка изменяется с помощью муфты с поворотными шпонками, переключаемой механизмом с тумблером. Предусмотрено педальное управление станком.

Станок СМЖ-133А (рис. 3) имеет раму, на которой расположены гидроцилиндр, нажимная втулка со штурвалом, гидропривод, ограждающие кожухи и электрооборудование. Подвижный нож закреплен на штоке гидроцилиндра, установленного горизонтально, а неподвижный — на держателе нажимной втулки, при помощи которой регулируют расстояние между ножами при наладке станка.

Гидропривод станка состоит из электродвигателя, соединенного муфтой с поршне-

вым гидронасосом Н-401Е (номинальное давление 32 МПа, номинальная подача 18 л/мин), гидробака, гидроаппаратуры и трубопроводов. Перемещения поршня гидроцилиндра со штоком и подвижным ножом при рабочем ходе и возврате осуществляются путем подачи масла от гидропривода в соответствующую полость гидроцилиндра. Применявшаяся в прежнем станке СМЖ-175 пружина для возврата поршня изъята.

Станок работает как с автоматически, так и с одиночными резами арматуры. Такие же режимы заложены и в станке СМЖ-175А.

Станок СМЖ-175А (рис. 4) выполнен с вертикальной компоновкой гидроцилиндра и нажимной втулки. Отсутствие у станины станка проема для подачи арматуры в зону между ножами сверху вызвано необходимостью восприятия значительных усилий, возникающих при отрезке стержней большого диаметра. Арматура подается сбоку. Гидропривод станка состоит из электродвигателя, поршневого гидронасоса Н-403Е (номинальное давление 32 МПа, номинальная подача 35 л/мин), гидробака, гидроаппаратуры и трубопроводов.

В гидравлических станках электродвигатель гидропривода включается при помощи кнопки, а гидроцилиндр на перемещение для отрезки стержня — при помощи педали. При модернизации в станках увеличены емкости гидробаков. Это исключает процесс кавитации в гидроприводе, уменьшает нагрев масла и соответственно его разжижение и сокращает утечки через соединения трубопроводов.

Предусмотрено управление станков СМЖ-133А и СМЖ-175А не только с их пультов, но и дистанционно, что позволяет использовать станки в составе оборудования автоматизированных линий по заготовке стержневой арматуры.

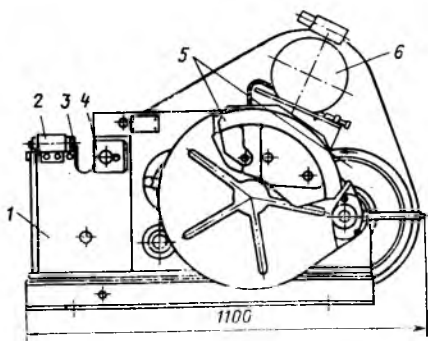


Рис. 1. Станок для резки арматурной стали СМЖ-172Б

1 — станина; 2 — поддерживающий ролик; 3, 4 — неподвижный и подвижный ножи; 5 — зубчатые передачи; 6 — электродвигатель

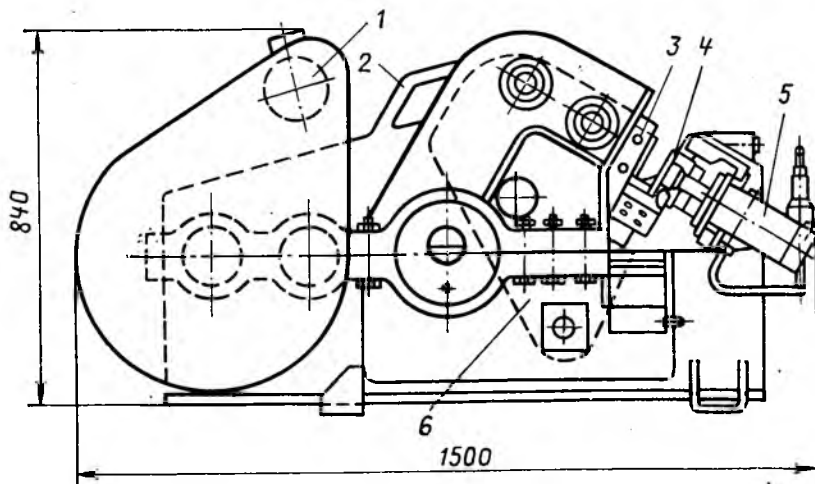


Рис. 2. Станок для резки арматурной стали СМЖ-322А

1 — ограждение; 2 — станина; 3, 4 — подвижный и неподвижный ножи; 5 — гидроцилиндр механизма противодавления резанию; 6 — кулиса

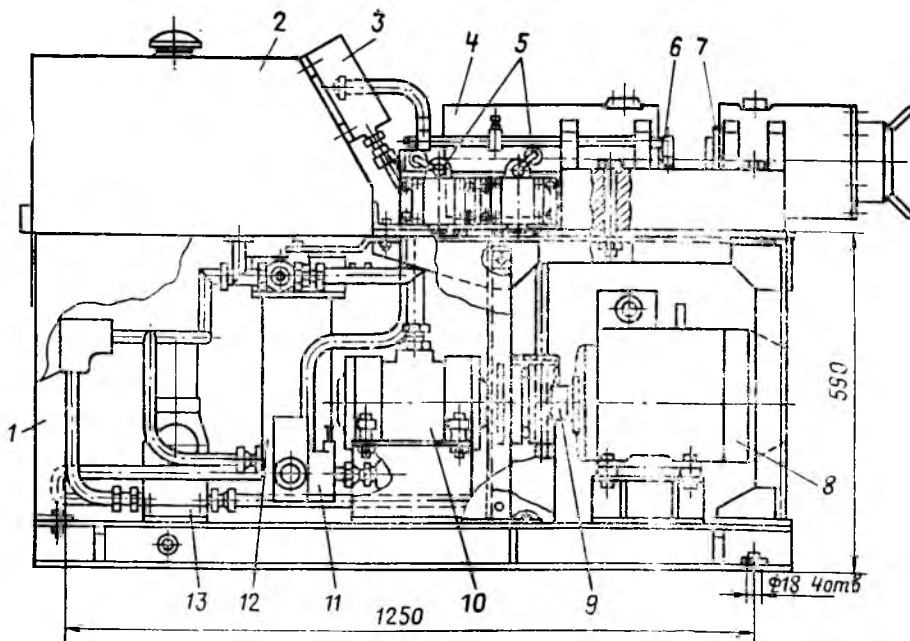


Рис. 3. Станок для резки арматурной стали СМЖ-133А

1 — рама; 2 — гидробак; 3 — манометр; 4 — гидроцилиндр; 5 — конечный выключатель; 6, 7 — подвижный и неподвижный ножи; 8 — электродвигатель; 9 — муфта; 10 — гидронасос; 11 — предохранительный гидроклапан; 12 — фильтр; 13 — гидрораспределитель

Станок СМЖ-322А принят к серийному производству на черкасском заводе «Строммашина», а остальные станки — на Ленинградском заводе строительных машин.

На этом же заводе приняты к серийному производству механизированные ручные ножницы СМЖ-214А, предназначенные для отрезки арматурной стали класса А-III диаметром до 10 мм и класса А-I диаметром до 12 мм. Ножницы (рис. 5) состоят из режущей головки и насосной станции, соединенных между собой гибким рукавом высокого давления и электрокабелем управления. Режущая головка включает в себя гидроцилиндр с поршнем. Подвижный нож закреплен на штоке поршня, а неподвижный — на держателе, соединенном с гидроцилиндром. Рабочий ход подвижного ножа происходит при подаче в гидроцилиндр масла под давлением от насосной станции, а возврат — под действием пружины.

Техническая характеристика станков

	СМЖ-172Б	СМЖ-133А	СМЖ-322А	СМЖ-175А
Максимальное усилие на ножах, кН	340	540	590	1860
Максимальный диаметр отрезаемой арматуры, мм, с временным сопротивлением разрыву, МПа:				
400	40	40	40	80
500	36	40	40	80
600	24	40	40	70
900	—	32	32	60
1000	—	28	28	40
Длина и ширина ножей, мм	110X12	110X40	110X18	110X35
Продолжительность цикла отрезки, с	2	2	4	6
Диаметр гидроцилиндра, мм	—	—	160	300
Мощность электродвигателя, кВт	3,0	3,5	5,5	7,5
Габаритные размеры, мм:				
длина	1100	1500	1620	1605
ширина	425	695	480	595
высота	805	845	925	1520
Масса, кг	530	1280	600	1100

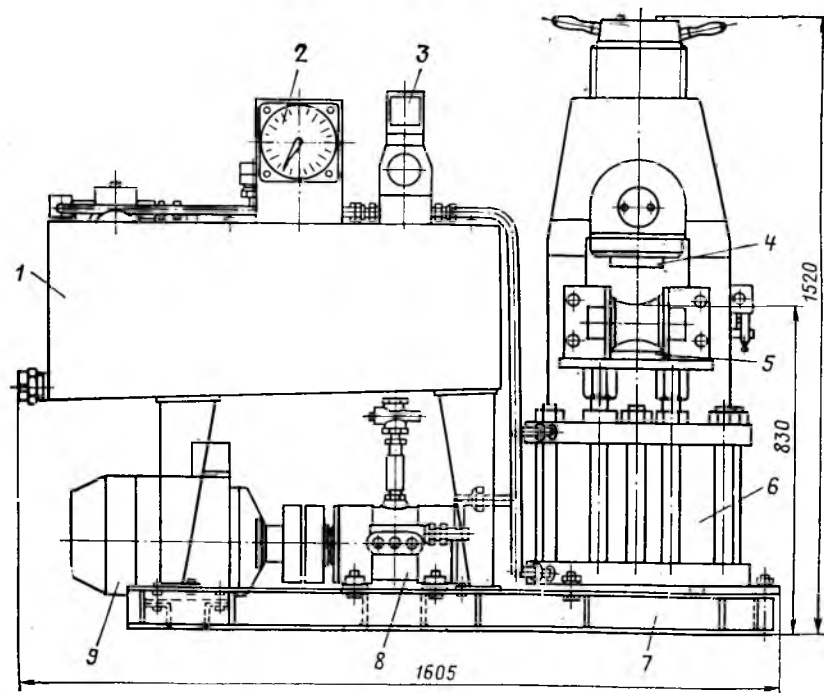


Рис. 4. Станок для резки арматурной стали СМЖ-175А

1 — гидробак; 2 — манометр; 3 — гидрораспределитель; 4, 5 — неподвижный и подвижный ножи; 6 — гидроцилиндр; 7 — станина; 8 — гидронасос; 9 — электродвигатель

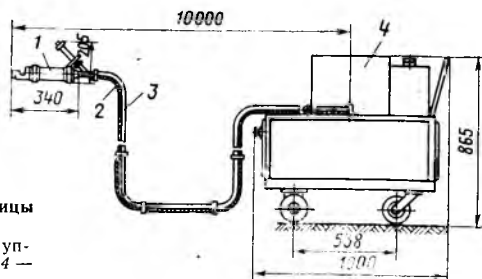


Рис. 5. Ручные механизированные ножницы СМЖ-214А

1 — режущая головка; 2 — электрокабель управления; 3 — рукав высокого давления; 4 — насосная установка

Насосная станция установлена на трех катках, один из которых поворотный — ролевого типа. На ней размещены электрошкаф и гидропривод с эксцентриковым поршневым гидронасосом Н-400Е (номинальное давление 20 МПа, производительность 4,8 л/мин), электродвигателем мощностью 2,2 кВт, гидробаком, гидроаппаратурой и трубопроводами. Масса режущей головки 5,3 кг, масса ножниц в целом — 200 кг. Длина соединительного рукава 10 м позволяет отрезать арматуру на большом удалении от насосной установки без ее перекачивания.

С использованием станка СМЖ-175А липчанским заводом «Строммашина» серийно производится установка для сварки стержневых плетей СМЖ-32. Установка предназначена для безотходной заготовки стержневых плетей мерной длиной 6—30 м (девять исполнений установки с модулем 3 м) из стержней диаметром 22—36 мм. Предусмотрены резка стержней, их стыковая контактная сварка и высадка на концах плетей анкерных головок.

## Шлакощелочной набрызг-бетон для ремонта и гидроизоляции конструкций

В настоящее время при ремонте и гидроизоляции железобетонных конструкций и сооружений все чаще используют метод набрызг-бетонирования, позволяющий максимально механизировать укладку бетона, повысить эффективность и качество строительных работ. К набрызг-бетону зачастую предъявляют повышенные требования по прочности, водонепроницаемости, стойкости к агрессивным средам и высоким температурам и др., для чего необходимы специальные цементы и качественные заполнители.

К таким цементам можно отнести шлакощелочное вяжущее, основные показатели которого (высокая активность, короткие сроки схватывания, интенсивный набор прочности в начальный период твердения) отвечают требованиям, предъявляемым к цементам для безопасного бетонирования.

На протяжении ряда лет в филиале ВНИИОМШС ведут работы по подбору составов и исследованию свойств набрызг-бетонов на шлакощелочном вяжущем, представленном тонкомолотым доменным гранулированным шлаком Криворожского металлургического завода удельной поверхностью 300—320 м<sup>2</sup>/кг и водным раствором жидкого стекла с кремнеземистым модулем 2,4—2,7. В зависимости от плотности жидкого стекла прочность шлакощелочного набрызг-бетона на сжатие составляет 20—62 МПа, водонепроницаемость находится в пределах 0,6—0,9 МПа, а при использовании фракционированных заполнителей — до 1,4 МПа.

Коэффициент коррозионной стойкости по методике В. М. Москвина, представляющий собой отношение  $R_{p,и}$  образцов после годичного выдерживания их в агрессивных растворах к  $R_{p,и}$  образцов, твердевших в воде в течение 14 сут, составляет 0,95—1,1. Высокая степень уплотнения шлакощелочного набрызг-бетона за счет постоянно действующего трамбуемого эффекта поступающей под скоростным напором воздуха бетонной смеси, замкнутый характер пор способствуют упрочнению материала, повышению его водонепроницаемости, затрудняют доступ агрессивных растворов в тело бетона и его разрушение.

Существенное значение для получения качественного покрытия имеет сила сцепления бетона с поверхностью. При этом важной является величина сцепления набрызг-бетона не только после достижения проектной марки, но и сразу после нанесения его на поверхность. На рисунке приведена схема прибора, с помощью которого можно с высокой степенью точности определить сцепление

Вид заполнителя	Прочность контрольных образцов, МПа	Относительная прочность набрызг-бетона, %, при температуре, °С			
		200	400	600	800
Хвосты Новокриворожского ГОКа	41,7	110	95	74	52
Зола-унос Криворожской ТЭЦ	34,1	114	90	62	44
Шлак силикомарганца Никопольского завода ферросплавов	45,2	112	105	91	73
Кварцевый песок Днепровского месторождения	30,8	106	79	54	42

свеженанесенного слоя бетона с поверхностью и толщину слоя набрызг-бетона, который можно нанести за один прием. Для этого кусок бетона или породы, с поверхностью которого будет контактировать набрызг-бетон, подводится под форму-цилиндр и в таком положении фиксируется. Цилиндр заполняется на определенную высоту набрызг-бетонной смесью, которая затем уплотняется. После поворота прибора на 180° половинки цилиндра разводятся. Опыт повторяют до тех пор, пока сила сцепления бетона с поверхностью не уравнивается его массой:

$$\tau_{сш} = g h_c \gamma_б,$$

где  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $h_c$  — высота столбика бетона, м;  $\gamma_б$  — объемная масса бетона, кг/м<sup>3</sup>.

Сцепление свеженанесенного шлакощелочного набрызг-бетона с поверхностью обычного тяжелого бетона на портландцементе составляет 2—5 кПа. Оно зависит от плотности жидкого стекла и со-

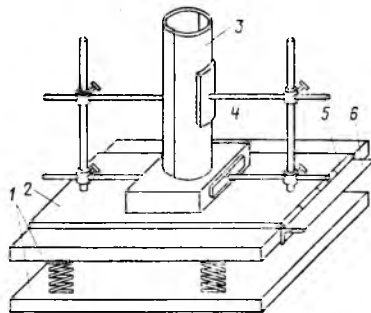


Схема прибора для определения сцепления бетонной смеси с поверхностью: 1 — вибростол; 2 — основание прибора; 3 — форма-цилиндр для бетонной смеси; 4 — образец бетона или породы; 5 — шарнир; 6 — опорный уголок

стояния бетонируемой поверхности. После достижения проектной марки набрызг-бетона сила сцепления находится в пределах 1,7—3 МПа.

Для определения влияния вида заполнителя на стойкость шлакощелочного набрызг-бетона при действии повышенных температур в специальных перфорированных формах были изготовлены образцы-кубы с ребром 10 см из бетона состава 1:3 (тонкомолотый шлак:заполнитель) по массе. Плотность жидкого стекла составляла 1150 кг/м<sup>3</sup>, а стеклошлаковое отношение принято равным 0,5. После твердения бетона в течение 28 сут в нормальных влажностных условиях образцы высушивали до постоянной массы. Затем у контрольных определяли предел прочности при сжатии, а у остальных — прочность после выдерживания их в муфельной печи в течение 4 ч при повышенной температуре и последующего охлаждения.

Как видно из таблицы, набрызг-бетон на шлаке силикомарганца отличается более высокой остаточной прочностью в интервале 400—800°С, чем при использовании других заполнителей.

Высокая прочность контрольных образцов набрызг-бетона объясняется повышенной пористостью и реакционной способностью шлака силикомарганца, его высокой механической прочностью. Применение шлака силикомарганца двух фракций (3—5 и 5—10 мм) в качестве заполнителя в соотношении 1,5:1—2,4:1 позволило существенно повысить прочность и водонепроницаемость набрызг-бетона. Из разработанных составов смеси\* можно получать набрызг-бетоны марок М400—М700, водонепроницаемость которых находится в пределах 0,8—1,1.

На Коммунарском металлургическом заводе при ремонте резервуара объемом 2500 м<sup>3</sup> составы шлакощелочного набрызг-бетона прошли промышленную проверку. Тонкомолотый гранулированный шлак и шлак силикомарганца в соотношении 1:3 по массе через весовые дозаторы загружали в бетономешалку емкостью 1 м<sup>3</sup> и перемешивали в течение 2—3 мин. Полученную сухую смесь доставляли автосамосвалом к месту производства работ и загружали ленточным транспортером в набрызг-машину БМ-60. Водный раствор жидкого стекла плотностью 1120 кг/м<sup>3</sup> приготавливали в специальной напорной емкости объемом 0,8 м<sup>3</sup>.

\*А. с. № 771047. Набрызг-бетонная смесь. Е. Г. Иванов, Н. Г. Лисковский, Д. И. Пономаренко и др. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1980, № 38.

Сухую смесь и жидкое стекло к месту укладки набрызг-бетона подавали по шлангам на расстояние более 100 м при помощи сжатого воздуха от компрессора. Перед нанесением набрызг-бетона внутреннюю поверхность резервуара очищали от остатков старого, отслоившегося бетона и ила.

Технология набрызга шлакощелочным бетоном не отличается от известной с использованием портландцемента и добавок — ускорителей схватывания. За смесью звено из 3 человек (сопловщика, машиниста набрызг-машины и рабочего) наносило 60—70 м<sup>2</sup> покрытия толщиной

30—70 мм, а в отдельных местах — до 200 мм. Отскок материала составлял в среднем 10—15%.

Набрызг-бетон схватывается через 20—30 мин, он хорошо наносится на сухую и увлажненную поверхность. Отслаивания набрызг-бетона не наблюдалось, поверхность имела удовлетворительный внешний вид. Предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут составил 38—44 МПа.

На Криворожском и Коммунарском металлургических заводах шлакощелочным набрызгом были отремонтированы

цех размораживания руды, колонны, брызгальные бассейны доменных печей и другие строительные конструкции, в результате чего получен значительный экономический эффект.

Таким образом, лабораторные исследования и промышленная проверка доказали эффективность применения набрызг-бетонов на шлакощелочном вяжущем для ремонта и гидроизоляции конструкций. Эти бетоны отличаются высокой прочностью, стойкостью к действию минерализованных вод, повышенных температур и низкой стоимостью.

## Теория

УДК 691.327:539.3/4

В. Я. БАЧИНСКИЙ, А.Н. БАМБУРА, кандидаты техн. наук, С. С. ВАТАГИН, инж. (НИИСК)

## Связь между напряжениями и деформациями бетона при кратковременном неоднородном сжатии

В настоящее время необходима общая теория расчета железобетонных конструкций, базирующаяся на единичных физических предпосылках [1]. Очевидно, что в ее основе должны лежать уравнения механического состояния бетона и арматуры.

Комплексные исследования в этой области ведутся в НИИСК. Часть их направлена на получение полной (с выпадающей ветвью) диаграммы  $\sigma$ — $\epsilon$  при осевом сжатии бетонных образцов.

Однако, какой бы полной ни была информация о поведении центрально-сжатых бетонных образцов, она не будет исчерпывающей с точки зрения практики: правомерность приложения полученной таким образом диаграммы  $\sigma$ — $\epsilon$  к расчету внецентренно сжатых (изгибаемых) железобетонных элементов оспаривается. И дело не в том, что в силу реономности бетона такое приложение в любом случае будет, конечно же, условным (действительно, при изгибе скорость деформирования волокон различна), — при кратковременном действии нагрузки этот фактор вряд ли может существенно проявиться, а при длительном нагружении его можно учесть. Дело в другом: некоторые авторы [2, 3] утверждают, что предел прочности бетона при изгибе значительно (почти в 2 раза) превышает его призмную прочность. Следовательно, при изгибе мы должны иметь принципиально иную связь между напряжениями и деформациями, чем при осевом сжатии.

Таким образом, необходимо попытаться одновременно с испытаниями на центральное сжатие получить диаграмму состояния бетона непосредственно по результатам испытания железобетонных внецентренно сжатых или изгибаемых

элементов. Такие исследования проводит НИИСК.

Прежде всего следует остановиться на объекте исследований, поскольку от этого в значительной степени зависят как сами результаты опыта, так и их трактовка. Поскольку таким объектом при центральном сжатии является объем, для сопоставления получаемых данных необходимо, на наш взгляд, и при изгибе иметь дело с этим показателем. Исходя из сказанного и ориентируясь на расчетную модель, сформулированную в статье [4], в опытах НИИСК с изгибаемыми элементами связь  $\sigma$ — $\epsilon$  отыскивали не для локального сечения с трещиной, а для объема бетона, расположенного на участке, захватывающем несколько блоков между трещинами.

Для установления искомой связи использование прямых методов вряд ли возможно: любые датчики давления показывают лишь местные напряжения, но не дают возможности оценить напряженное состояние объема. Не составляет исключения и метод упругих вставок [2] — получаемые данные характеризуют напряжения на контакте вставки с

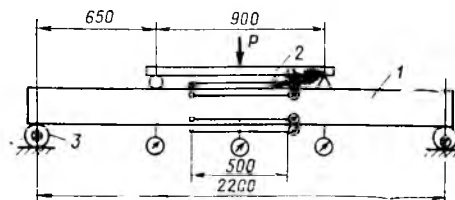


Рис. 1. Схема испытаний железобетонных балок  
1 — опытный образец; 2 — траверса; 3 — кольцевые динамометры

бетоном, но опять-таки не средние напряжения для объема.

Наиболее приемлемыми для решения поставленной задачи, на наш взгляд, являются аналитические методы, предполагающие наличие единой зависимости  $\sigma$ — $\epsilon$  для всей сжатой зоны бетона. В действительности это не так, хотя бы в силу технологической неоднородности бетона по высоте балки. В какой степени это обстоятельство сказывается на результатах исследований можно ответить только после обработки указанных результатов. По-видимому, подтверждением приемлемости допущения о едином законе деформирования могут служить стабильность получаемых диаграмм  $\sigma$ — $\epsilon$ , хорошее согласование вычисленных с привлечением усредненной диаграммы прогибов и несущей способности балок с опытными данными.

В исследованиях использовали метод Фере [3, 5], метод неизвестных коэффициентов и кусочно-линейную аппроксимацию неизвестной функции  $\sigma=f(\epsilon)$  с последовательным определением значений этой функции в узловых точках. Во всех случаях в качестве исходной информации служат экспериментальные кривые «нагрузка — фибровые (на сжатой и растянутой гранях) деформации» и «нагрузка — усилия в арматуре».

Установлено, что решения, полученные с привлечением всех перечисленных методов, достаточно устойчивы к малым возмущениям (неизбежным погрешностям измерений), однако значительные ошибки приводят не только к количественному, но и к качественному искажению результата. Поэтому эксперимент следует осуществлять с особой тщательностью, а измерения по возможности дублировать.

Рассмотренные методы не учитывают фактор времени. Поэтому исследование всех образцов необходимо проводить в едином режиме, причем время испытания каждой балки должно быть минимальным.

При обработке опытных данных обязательно учитывать начальные (до приложения нагрузки) напряжения в арматуре (в балках с ненапрягаемой арматурой эти напряжения обусловлены усадкой бетона). Следует также учитывать соответствующие деформации сжатой и растянутой граней балки.

Небольшие ошибки по-разному влияют на результат при использовании того или иного метода. Поэтому для обработки опытных данных целесообразно применить одновременно все три метода.

При постановке опытов деформации измеряли механическими приборами на базе, переключавшей несколько блоков между трещинами (500 мм) и цепочками тензорезисторов, тщательно наблюдали за изменением напряжений в арматуре с момента изготовления балок. Испытания проводили на специальном винтовом прессе, позволяющем при выдерживании на ступени около 5 мин устранить влияние кратковременной ползучести. Так, максимальное изменение деформаций бетона за время выдерживания составило около 1%, напряжений в арматуре — 0,5%, изменение усилия (релаксация) — 2,5%.

28 образцов испытали по схеме, показанной на рис. 1. В опытах варьировали марку бетона, содержание арматуры и количество арматурных стержней, уровень преднапряжения. При этом использовали балки сечением 10×20 см с односторонним армированием, а также с двойным симметричным армированием. В таблице приведены также средние по серии значения относительных максимальных  $m_{\max} = M_{\max}/bh^2$  и разрушающих  $m_{\text{разр}} = M_{\text{разр}}/bh^2$  изгибающих моментов и соответствующих им деформаций на сжатых фибрах  $\epsilon_{\max}$  и  $\epsilon_{\text{пр}}$ . Заметим, что использование жесткой винтовой установки позволило в опыте разделить указанные моменты (рис. 2). При этом в качестве критерия разрушения принимали выкол сжатой зоны бетона.

Остановимся на значениях предельных деформаций, которые являются одной из характеристик диаграммы  $\sigma-\epsilon$ . Существует мнение, что предельные деформации зависят от содержания арматуры и уровня ее преднапряжения. На первый взгляд оно подтверждается и опытами авторов. Однако следует учесть, что в таблице приведены деформации, замеренные от начала нагружения балок. Если же из величин  $\epsilon_{\text{пр}}$  вычесть деформации, вызванные преднапряжением, то окажется, что в пределах одной марки бетона полученные таким путем значения  $\epsilon_{\text{пр}}^*$  практически одинаковы ( $C_v = 4 \dots 10\%$ ) при различных процентах армирования независимо от наличия или отсутствия преднапряжения. В то же время

Марка бетона	Шифр серии	Количество и диаметр стержней	$\mu, \%$	$\sigma_{н.к.}$ МПа	$h_0/h$	$m_{\max}$ МПа	$m_{\text{разр}}$ МПа	$\epsilon_{\max} \times 10^3$	$\epsilon_{\text{пр}} \times 10^3$	$\epsilon_{\max}^* \times 10^3$	$\epsilon_{\text{пр}}^* \times 10^3$
М 250	БН-1	1Ø12	0,41	337	0,79	1,60	1,58	254	300	250	296
	БН-2	1Ø28	2,20	209	0,83	6,48	—	264	—	252	—
	БН-3	4Ø14	1,22/1,24	158	0,77/0,91	7,17	6,87	313	345	290	322
	БО-4	2Ø25	4,78	—	0,80	6,79	—	244	—	241	—
	БС-5	2Ø12	0,78/0,78	—	0,14/0,90	3,55	3,55	346	346	344	344
М 400	БН-1	1Ø12	0,39	217	0,83	2,20	2,19	253	286	251	284
	БО-2	1Ø28	2,31	—	0,82	6,73	6,32	257	320	253	316
	БО-3	4Ø14	1,23/1,23	—	0,69/0,87	7,72	7,69	267	304	263	300
	БН-4	2Ø25	4,30	336	0,81	9,20	9,13	330	390	316	326
	БО-5	6Ø12	1,30/1,30	—	0,72/0,88	6,42	6,40	287	305	282	300
М 550	БО-1	1Ø12	0,42	—	0,87	1,89	1,85	255	265	254	264
	БН-2	1Ø28	2,20	389	0,81	8,08	—	244	—	244	—
	БН-3	4Ø14	1,17/1,24	343	0,75/0,90	8,30	8,29	354	363	292	301
	БН-4	2Ø25	4,66	200	0,81	10,74	—	259	—	238	—

Примечание. При испытании балок серий БН-2, БО-4, БН-4 момент разрушения зафиксировать не удалось.

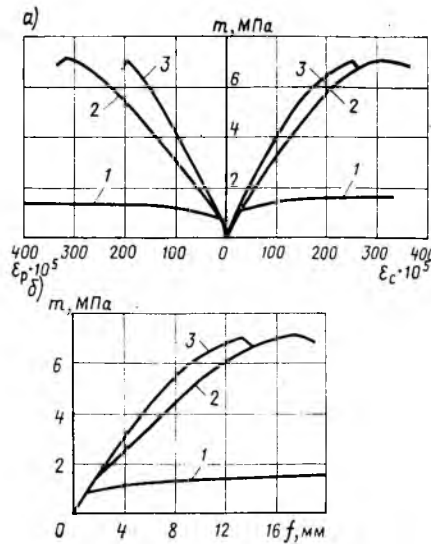


Рис. 2. Характерные кривые  $m-\epsilon$  (а) и  $m-j$  (б)  
1 —  $\mu = 0,4\%$ ; 2 —  $\mu = 2,4\%$ ; 3 —  $\mu = 4,6\%$

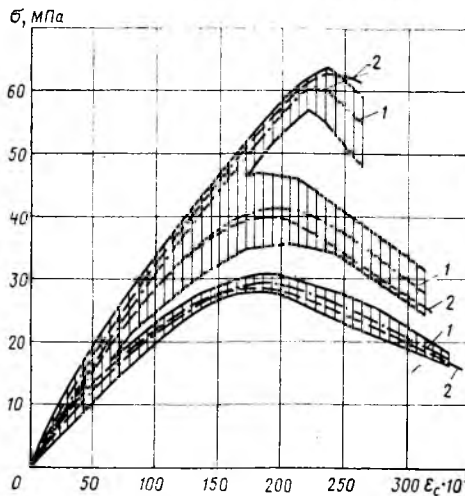


Рис. 3. Кривые  $\sigma-\epsilon$ , полученные по результатам испытаний на изгиб  
1 — средние кривые  $\sigma-\epsilon$  бетона при неоднородном сжатии; 2 — кривые  $\sigma-\epsilon$  при центральном сжатии бетонных призм

значения  $\epsilon_{\max}$  и  $\epsilon_{\max}^*$  зависят от армирования.

Таким образом, анализ приведенных в таблице данных позволяет высказать предположение, что причинами обнаруженной некоторыми авторами зависимости предельной сжимаемости бетона при изгибе от армирования являются отождествление понятий максимальной нагрузки (несущая способность) и разрушающей, неучет при обработке результатов опытов начальных (до приложения нагрузки) деформаций.

На рис. 3 показаны коридоры, в которые укладываются диаграммы  $\sigma-\epsilon$ , построенные для всех балок с привлечением аналитических методов. Как видно из рис. 3, они достаточно узки для того, чтобы говорить о стабильности получаемых диаграмм. Сказанное подтверждается и результатами статистической обработки. Так, для наиболее широкого коридора (для бетона марки М400) коэффициенты вариации величины  $\bar{\epsilon}_R$  и  $\epsilon_R$  (абсцисса точки, в которой  $\sigma = R$ ) составляют 13, 11 и 6% соответственно.

При обработке методом наименьших квадратов данных, заключающихся внутри коридоров, были получены осредненные диаграммы  $\sigma-\epsilon$  для бетона соответствующих марок. Использование этих диаграмм позволило определить несущую способность образцов-близнецов с точностью  $\pm 5\%$ , а прогибы — с точностью  $\pm 15\%$ .

Следовательно, при соблюдении определенных условий аналитические методы дают диаграммы  $\sigma-\epsilon$ , пригодные для практического применения.

Наконец, сопоставим указанные диаграммы с полученными при испытании центрально-сжатых бетонных призм. Как видно из рис. 3, обе диаграммы — при изгибе и при центральном сжатии — достаточно близки между собой, что свидетельствует о возможности применения их для практических расчетов железобетонных стержневых конструкций, особенно при кратковременном действии нагрузки.

## Выводы

При соблюдении оговоренных требований аналитические методы, несмотря на их определенную условность, позволяют стабильно получать диаграмму  $\sigma-\epsilon$  по данным опытов с изгибаемыми элементами.

Эти диаграммы близки к получаемым при испытании центрально-сжатых бетонных призм.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бондаренко В. М. К построению общей теории железобетона (специфика, основа, метод). — Бетон и железобетон. 1978. № 9.
- Дегтерев В. В., Гагарин Ю. А. О закономерностях изменения напряженного состояния высокопрочного бетона при висцентном сжатии. — Бетон и железобетон. 1970. № 8.
- Чайка В. П. Данные о напряженном состоянии бетона сжатой зоны изгибаемых железобетонных элементов, полученные аналитическим методом. — В кн.: Архитектура, планировка и застройка сельских населенных мест западных областей УССР и МССР, т. 80. — Львов. 1978.
- Бачинский В. Я. Некоторые вопросы, связанные с построением общей теории железобетона. — Бетон и железобетон, 1979. № 11.
- Столяров Я. В. Теория железобетона на экспериментальной основе. — Харьков: ГНТИУ, 1934.

В. И. АГАДЖАНОВ, канд. техн. наук, Т. В. МИХАЙЛОВА, инж. (НИИЖБ);  
Ю. И. ОРЛОВСКИЙ, канд. техн. наук (НИИСМИ); В. П. МАНЗИЙ, инж.  
(Львовский политехнический ин-т)

## Экономическая эффективность применения серы для модификации бетонов

Проблемы повышения долговечности и качества бетонных и железобетонных изделий и конструкций, снижения потребления энергоресурсов при их производстве приобретают в настоящее время особо важное народнохозяйственное значение. Проведенные в СССР [1] и за рубежом исследования показали эффективность применения серы в качестве вяжущего и пропиточного материала.

В настоящее время значительно возросло производство серы из вторичных источников сырья — серосодержащей нефти и газа, при газификации угля, в результате очистки топочных газов. Свойство серы без технологического вмешательства в течение I ч переходить из жидкой фазы в твердую позволяет создать различные искусственные конгломератные строительные материалы, в частности серные цементы, растворы и бетоны. Исследования, выполненные во Львовском филиале НИИСМИ и Львовском политехническом институте, позволили установить, что при использовании серы в качестве вяжущего можно получить серобетон с прочностью на сжатие 25—30 МПа и более. При этом расход серы на 1 м<sup>3</sup> бетона марки М300 составляет около 360 кг.

При производстве изделий из серных бетонов не требуется специального оборудования, поскольку их изготовление может быть налажено по асфальтобетонной технологии с незначительной переработкой серийного оборудования. Отпадает наиболее энергоемкий технологический процесс — тепловая обработка из-

делий, а следовательно, ликвидируются пропарочные камеры и оборудование, освобождаются заводские площадки и уменьшается численность обслуживающего персонала, снижаются энергозатраты на перемещение металлоформ и изделий кранами.

Немедленная распалубка изделий позволяет резко увеличить оборачиваемость оснастки и снимать готовую продукцию с тех же площадей. Изделия сразу после укладки и монтажа могут воспринимать эксплуатационные нагрузки.

Благодаря высокой коррозионной стойкости и быстрому набору прочности, не зависящему от температуры и влажности окружающей среды, серный бетон может найти широкое применение тогда, когда применение обычного бетона требует специальных защитных мер.

Применяя серу в качестве пропиточного материала, можно значительно улучшить физико-механические свойства и коррозионную стойкость бетона изделий. Так, прочность на сжатие и растяжение увеличивается в 3—4 раза, модуль упругости — в 1,5—2 раза, морозостойкость — в 4—5 раз и более, водонепроницаемость — в 6 раз, износостойкость — в 1,5 раза.

Изготовление изделий, пропитанных расплавом серы, включает ряд технологических операций, различных по трудоемкости, продолжительности и степени влияния на эффективность пропитки. Это сушка готовых бетонных изделий, приготовление расплава серы, пропитка под вакуумом, под давлением или при нор-

мальном атмосферном давлении, охлаждение.

Исследования технологии пропитки бетона [2] с целью установления оптимальных технологических режимов и определения себестоимости готовой продукции показали, что наиболее энергоемкой и продолжительной операцией является предварительная сушка бетона до заданной влажности. Пропитка высушенных и прогретых изделий осуществляется в специальной камере при температуре расплава серы 145±5°C. Такой режим способствует получению минимальной вязкости и поверхностному натяжению расплава серы.

Свойства пропитанного бетона определяются объемом поглощенной серы. В зависимости от этого различают три режима пропитки: I — поверхностная, II — частичная и III — полная при расходе серы соответственно 50, 150 и 250 кг/м<sup>3</sup>.

Основная цель поверхностной пропитки — увеличение водо-, морозо- и коррозионной стойкости бетона, а следовательно, повышение долговечности изделий. Частичная и полная пропитка позволяет повысить физико-механические свойства бетона, снижая расход цемента (наиболее энергоемкого компонента) и арматуры. Однако технология пропитки требует дополнительных энергозатрат, связанных с подготовкой серы и сушкой изделий до пропитки. Экспериментально установленные энергозатраты на 1 м<sup>3</sup> бетонных изделий составляют 57,3, 63,2 и 71,1 кг усл. топлива соответственно трем режимам.

Опытно-промышленный выпуск тротуарной плитки и бордюрного камня на головном предприятии ПО Львовжелезобетон позволил сопоставить расчет энергоемкости. Для изготовления изделий применяли портландцемент марки 500 Николаевского цементного горного комбината и техническую комовую серу Раздольского ПО «Сера». Изделия пропитывали по трем режимам при атмосферном давлении. Энергозатраты приведены в таблице.

Установлено, что наименее энергоемкой является частичная пропитка изделий: увеличение энергозатрат составляет при этом 12%, а снижение расхода цемента — 45%. При полной пропитке снижение расхода цемента может составлять 60% при увеличении энергозатрат в среднем на 15%. Однако с конструктивной точки зрения полная пропитка особенно изгибаемых элементов, менее эффективна по сравнению с частичной, так как бетон средней части сечения менее напряжен при воздействии внешних усилий. Наиболее энергоемкой оказалась поверхностная пропитка: снижение расхода цемента при этом минимально (10—15%), но технологический процесс предусматривает полную сушку изделий. Суммарные затраты условного топлива резко увеличиваются при повышении марки бетона, так как растет расход цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона.

Пропитка серой позволяет применять низкомарочные цементы, а также шлакопортландцемент, который преимущественно поступает на заводы ЖБИ.

Энергозатраты на производство 1 т серы в расчетах взяты по показателям ее добычи методом подземной выплавки, который является весьма энергоемким процессом. Применение газовой серы

Показатель	Тротуарная плитка, марка бетона			Бордюрный камень, марка бетона				
	М400 (до пропитки)	М350	М150	М100	М300 (до пропитки)	М200	М150	М100
		Режимы				Режимы		
		I	II	III		I	II	III
Цемент, кг/кг усл. топлива	460/ 122,8	400/ 106,8	250/66,8	200/53,4	400/ 106,8	350/93,5	220/58,7	200/53,4
Сера, кг/кг усл. топлива	—	50/3,7	150/11,0	250/18,3	—	50/3,7	150/11,0	250/18,3
Сушка, приготовление расплава, пропитка, кг усл. топлива	122,8	167,8	141,0	142,8	—	154,5	132,9	142,8
Повышение долговечности, раз	—	1,5	2,0	3,0	—	1,5	2,0	3,0
Экономический эффект, р/м <sup>3</sup>	—	7,63	17,95	20	—	3,40	7,71	10,14

Примечание. Расход энергии на термовлажностную обработку бетона изделий принят 57,2 кг усл. топлива. Размер тротуарной плитки 75×75×8 см, бордюрного камня — 12×25×200 см.

(получаемой при очистке отходящих газов нефтеперерабатывающей промышленности и цветной металлургии) снизит ее стоимость и энергозатраты, значительно повысит экономическую эффективность использования серы для изготовления долговечных изделий.

Технико-экономические расчеты, выпол-

ненные в настоящее время для ряда строительных конструкций и изделий — колец труб, лотков, дорожных плит, свай, ригелей, показали, что при существующих ценах на материалы и энергозатратах пропитка будет экономически целесообразной, если долговечность увеличится не менее чем на 40%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патуроев В. В., Волгушев А. Н., Красильникова О. М. Пропитка бетонных образцов серой. — В кн.: Исследования бетонов с применением полимеров. — М., Стройиздат, 1980.
2. Патуроев В. В., Орловский Ю. И., Манзий В. П. Технология пропитки бетонных изделий расплавом серы. — Бетон и железобетон, 1983, № 7.

УДК 69.003:658.387.4

В. И. СЕРГЕЕВ, инж. (Сыктывкарский з-д КПД), Н. М. БОЛЬШАКОВ, канд. техн. наук, И. С. ПЧЕЛКИН, канд. экон. наук (Коми лаборатория региональных исследований НИИОУС при МИСИ)

## Методология формирования затрат и их экономии при бригадном подряде

В настоящее время отнесение затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов пропорционально основной заработной плате рабочих не обеспечивает получение действительной их величины для конкретного коллектива, работающего по бригадному подряду. При такой системе не учитываются важнейшие факторы, влияющие на уровень всех этих затрат в себестоимости производимой продукции, и прежде всего таких, как увеличение степени загрузки оборудования, рост производительности труда и фондоотдачи.

В затратах на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов преобладающую долю составляют условно-постоянные затраты, которые в равных смежных интервалах времени (отчетных периодах) в реальных условиях производства формируются практически одинаковыми. Однако на единицу продукции с увеличением объема они уменьшаются, а с уменьшением — увеличиваются. Следовательно, способ распределения данных затрат между подрядными бригадами должен давать результаты, которые отражали бы изменения в себестоимости производимой продукции.

Значительно меньшую часть общих затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов составляют условно-переменные затраты. В новом Положении о сквозном поточном бригадном подряде в строительстве затраты по статьям основная и дополнительная заработная плата и отчисления на социальное страхование исключены из состава хозрасчетной себестоимости подрядных бригад. Последовательно придерживаясь этого принципа, следовало бы также исключить одноименные названные затраты из состава затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов. Тем самым значительно упрощаются планирование и учет оставшейся составляющей затрат в части, относимой на подрядные бригады, так как сокращается номенклатура относимых на них затрат (входящих в состав статей, связанных с содержанием и эксплуатацией технологического оборудования, а также цеховых расходов), а сама доля услов-

но-переменных затрат по этим статьям существенно уменьшается и остается практически незначительной.

Вследствие этого масса затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов в части, относимой на подрядные бригады, представляется одной составляющей — условно-постоянной. Тем самым нормирование, планирование, учет и анализ затрат подрядных бригад на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов сводится в основном к первому их слагаемому — условно-постоянной составляющей.

Однако в методике отнесения затрат учета только одного фактора — объема выпуска изделий и конструкций недостаточно. В подобных случаях складывается ситуация, когда величина затрат на единицу объема выпуска изделий и конструкций всех подрядных бригад оказывается одинаковой, вне зависимости от эффективности производства.

Как было отмечено, затраты, связанные с объемом выпуска изделий и конструкций, в целом по цеху формируются практически в одинаковом размере. Но по отношению к объемам выпуска изделий и конструкций в себестоимости продукции эти затраты изменяются под воздействием интенсивного производства, объективно обусловленного внедрением в практику достижений технического прогресса, совершенствованием организации труда, ростом его производительности.

С ростом производительности труда рассматриваемые фактические затраты снижаются в целом на весь объем выпуска продукции, а также на его единицу. Именно эта особенность должна учитываться при выборе методов их отнесения на хозрасчетную себестоимость подрядных бригад, так как от этого в последующем зависит правильность определения экономии и выплачиваемой подрядной бригаде суммы премии.

Влияние объема выпуска изделий и конструкций и производительности труда на величину фактических условно-постоянных затрат для отдельной подрядной бригады выражается формулой:

$$\Phi_i = \frac{\Phi}{V} \cdot V_i \cdot \frac{1}{Y_i}, \quad (1)$$

где  $\Phi_i$  — величина фактических условно-постоянных затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов, подлежащих включению в хозрасчетную себестоимость  $i$ -й конкретной подрядной бригады, р.;  $\Phi$  — сумма фактических условно-постоянных затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов в целом по формовочному цеху, р.;  $V, V_i$  — общий объем выпуска изделий и конструкций  $i$ -й конкретной подрядной бригадой, м<sup>3</sup>;  $Y_i$  — уровень производительности труда в отчетном периоде (месяце)  $i$ -й конкретной подрядной бригады (отношение показателя производительности труда данной бригады к показателю производительности труда формовочного цеха в целом).

В правой части приведенной формулы отношение  $\Phi/V$  выражает среднюю величину фактических условно-постоянных затрат на единицу объема изделий и конструкций, выпущенных в отчетный период одновременно всеми подрядными бригадами, т. е. формовочным цехом в целом.

Сомножитель  $1/Y_i$  выступает в роли дифференцирующего. Чем выше уровень производительности труда ( $Y_i$ ) в подрядной бригаде, тем меньшая часть условно-постоянных затрат переносится на ее хозрасчетную себестоимость в целом и на единицу объема выпуска изделий и конструкций в частности.

В соответствии с формулой (1) величина условно-постоянных затрат конкретной бригады прямо пропорциональна объему выпущенных изделий и конструкций и обратно пропорциональна достигнутому уровню производительности труда ( $Y_i$ ).

Суть методологических принципов формирования условно-постоянных затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов практически должна реализовываться путем перехода к более простой модификации.

Общеизвестно, что в отраслях материального производства методы измерения производительности труда базируются на соотношении объема произведенной продукции и времени, затраченного на ее выпуск. Соответственно показатель уровня производительности труда отдельной подрядной бригады по сравнению со значением этого показателя в целом по всем подрядным бригадам формовочного цеха можно вычислить как отношение частного к общему по следующей зависимости:

$$y_i = \frac{V_i}{K_i} : \frac{V}{K}, \quad (2)$$

где  $\frac{V_i}{K_i}$  — производительность труда  $i$ -й конкретной подрядной бригады, м<sup>3</sup> изделий и конструкций в смену;  $\frac{V}{K}$  — про-

изводительность труда всех подрядных бригад, т. е. по формовочному цеху в целом, м<sup>3</sup> изделий и конструкций в смену;  $K_i$  — суммарное количество смен загрузки оборудования в целом по подрядным бригадам и соответственно  $i$ -й конкретной подрядной бригады.

Введя обозначения (2) в правую часть формулы (1), преобразуем ее:

$$\frac{\Phi}{V} V_i \frac{1}{y_i} = \Phi \frac{V_i}{V} \cdot \frac{1}{\frac{V_i}{K_i} : \frac{V}{K}} = \Phi \frac{V_i}{V} \frac{K_i V}{V_i K}$$

В результате сокращения выражение (1) упрощается:

$$\Phi_i = \frac{\Phi}{K} K_i. \quad (3)$$

Данная зависимость показывает, что объективной формой соизмерения фактической условно-постоянной части затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов, отражающей влияние факторов интенсивного роста производства на уровень затрат в себестоимости продукции, которые были учтены еще в формуле (1), является число смен загрузки оборудования в подрядных бригадах. Показатель числа смен загрузки оборудования представляет собой меру распределения условно-постоянных затрат в составе хозрасчетной себестоимости бригад, в результате которого отнесенные на бригаду затраты в перерасчете на 1 м<sup>3</sup> объема выпуска изделий и конструкций оказываются выше или ниже в зависимости от степени загрузки оборудования, роста производительности труда и фондоотдачи.

Взаимосвязь обоих методов отнесения затрат по формулам (1) и (3) и их взаимозаменяемость обуславливаются, одной экономической природой, но последний является предельно простым, более приемлемым для практического применения.

Правомерность отнесения рассматриваемых затрат на подрядные бригады пропорционально числу смен загрузки оборудования и цехового обслуживания подтверждается еще и тем, что установленное технологическое оборудование и общецеховое обслуживание отдельных смен не отличаются ни качественно, ни количественно.

Именно поэтому все названные фактические условно-постоянные затраты должны относиться на каждую подрядную бригаду в отчетном периоде пропорционально фактическому числу смен загрузки оборудования и цехового обслуживания. При трехсменном производстве в цехе и одинаковом числе отработанных смен величина всех фактических затрат будет переноситься на каждую подрядную бригаду в размере одинаковой составляющей, соотносимой к общей фактической их сумме по цеху в целом как 1:3.

Базу нормирования и планирования затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов для разработки плановых калькуляций хозрасчетной себестоимости подрядных бригад, а также определения плановых

затрат на выполненный объем выпуска изделий представляется возможным реализовать через натуральные показатели объемов производства. В частности, применительно к задаче нормирования и планирования затрат на предприятии стройиндустрии для подрядных бригад бетоносмесительного цеха таким показателем должен быть объем производства в кубических метрах, для подрядных бригад формовочных цехов — объем заформованных изделий в кубических метрах железобетона, для подрядных бригад арматурного цеха — объем изготовления арматурных изделий в т. Для этого надлежит исчислять соответствующие коэффициенты плановых затрат на натуральный показатель выхода продукции.

Ниже в таблице приведен пример планирования, учета и определения результатов затрат подрядных бригад на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов изложенными выше методами по данным формовочного цеха Сыктывкарского завода КПД за июнь 1983 г.

Плановая величина затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов сформированы методом, изложенным выше. Коэффициент, выражающий величину устанавливаемого норматива затрат на содержание и эксплуатацию оборудования в части их, относимой на подрядные бригады, составляет 8,29 р. на 1 м<sup>3</sup> выпуска изделий. Коэффициент, выражающий величину устанавливаемого норматива цеховых расходов в части их, относимой на подрядные бригады, составляет 0,45 р. на 1 м<sup>3</sup> выпуска изделий. Общая сумма значений коэффициентов равна 8,29 р. + 0,45 р. = 8,74 р. на 1 м<sup>3</sup> выпуска изделий.

В пересчете на фактический объем выпуска изделий плановая величина рассматриваемых затрат составляет:

по бригаде В. А. Носкова: 8,74 р./м<sup>3</sup>. 677 м<sup>3</sup> = 5917 р.;

по — » — М. Ф. Мартынца: 8,74 р./м<sup>3</sup>. 481 м<sup>3</sup> = 4204 р.;

по — » — А. Г. Панкратова: 8,74 р./м<sup>3</sup>. 603 м<sup>3</sup> = 5270 р.

Фактические затраты на содержание и эксплуатацию оборудования и цехо-

вых расходов в части их, относимой на подрядные бригады, в целом по цеху составляют 1618 р. Число смен загрузки оборудования и цехового обслуживания каждой подрядной бригадой равно 23, в целом по цеху в отчетном месяце при трехсменном производстве — 69.

Фактические затраты на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховые расходы по каждой подрядной бригаде составляют по формуле (3)

$$\Phi_i = \frac{1618 \text{ р.}}{69 \text{ см.}} \cdot 23 \text{ см.} = 5604 \text{ р.}$$

Экономия затрат или их перерасход определены разностью плановых и фактических показателей по подрядным бригадам. Чтобы иметь экономию, каждая бригада в отчетный период должна достигнуть объема выпуска изделий не менее 5604 р.: 8,74 р./м<sup>3</sup> = 641,2 м<sup>3</sup>. Это условие соблюдено бригадой В. А. Носкова, которая перевыполнила этот показатель на 35,8 м<sup>3</sup> = (677 м<sup>3</sup> — 641,2). В бригаде М. Ф. Мартынца значение этого показателя ниже на 160,2 м<sup>3</sup>, а в бригаде А. Г. Панкратова — на 38,2 м<sup>3</sup>, у них фактические затраты превышают плановые.

В бригаде В. А. Носкова к экономии затрат на материалы, энергоресурсы добавляется экономия затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов в сумме 313 р. Пропорционально росту экономии затрат возрастает причитающаяся бригаде сумма премии.

При удорожании рассматриваемых затрат они будут вычитаться из сумм экономии, полученных по другим статьям затрат. В результате общие суммы экономии затрат по каждой из них уменьшатся на величину полученного удорожания, уменьшаются и причитающиеся данным бригадам суммы премии.

Таким образом, при сформированном подходе к планированию, учету, анализу и определению затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов по подрядным бригадам показатели их будут дифференцироваться. Бригады, достигающие наибольшей загрузки оборудования и объема продукции и, соответственно, высокой выработки и фондоотдачи, будут иметь минимальную величину затрат на единицу ее объема, будут получать наибольшую экономию затрат и сумму премии. И наоборот, бригады, допускающие низкую загрузку оборудования, будут иметь удорожание затрат на единицу объема продукции и в целом на весь объем ее выпуска, что скажется на увеличении фактических показателей хозрасчетной себестоимости и уменьшении премии.

Комплексное решение задач планирования, учета и анализа затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов открывает перспективу налаживания четкого механизма бригадного подряда, позволяющего на более совершенной методической основе приводить в действие принцип материальной заинтересованности бригад в увеличении степени загрузки оборудования, повышении роста производительности труда и фондоотдачи и перевыполнении заданий по объему выпуска продукции с учетом требований по ее качеству.

Показатели	Подрядные бригады т.т.		
	Носкова В. А.	Мартынца М. Ф.	Панкратова А. Г.
Плановые затраты на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховые расходы <sup>1</sup> , р.	5917	4204	5270
Фактические затраты на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховые расходы, р.	5604	5604	5604
Результат («+» — экономия, «-» — перерасход), р.	+313	-1400	-334
Фактический объем выпуска изделий, м <sup>3</sup>	677	481	603
Фактические затраты на содержание и эксплуатацию оборудования и цеховых расходов на 1 м <sup>3</sup> выпуска изделий, р.	8,28	11,65	9,29

<sup>1</sup> В пересчете на фактический объем выпуска изделий



Л. А. ЧЕРКАСОВА, канд. техн. наук (Иркутский политехнический ин-т);  
С. А. МИРОНОВ, д-р техн. наук, проф., О. С. ИВАНОВА, канд. техн. наук (НИИЖБ)

## Применение сульфатных щелоков бумажно-целлюлозных комбинатов в качестве добавок в бетон

Дешевыми попутными продуктами сульфатной варки древесины, получаемыми в больших количествах, являются черный и зеленый щелоки. Последний представляет собой раствор карбоната натрия, сульфита натрия и едкого натра в воде и предложен Владивостокским ПромстройНИИпроектом в качестве добавки, ускоряющей твердение бетона\*. Однако практическое использование зеленого щелока затруднительно ввиду быстрого схватывания бетонной смеси.

Черный щелок состоит из тех же минеральных веществ и дополнительно органической части, представленной лигнином, органическими кислотами и их натриевыми мылами. В связи с этим он является не только ускорителем твердения бетона, но и пластифицирующей и воздухововлекающей добавкой.

Было изучено действие зеленого и черного щелоков, а также их смеси на цементный камень, растворы, бетоны.

При исследовании определяли нормальную плотность цементного теста по методике ГОСТ 310—60, изготавливали из него образцы-кубы с ребром 2 см, которые твердели в естественных условиях, при тепловлажностной обработке, а также при тепловлажностной обработке с последующим 28-суточным выдерживанием в нормальных условиях. Затем образцы испытывали на прочность при сжатии. Цементные растворы имели составы 1:2 и 1:3 на песке с  $M_{кр} = 2,0$ . Количество воды подбирали равным нормальной плотности раствора по ГОСТ 310—60, которое для цементного теста с добавкой зеленого щелока оказалось во всех случаях выше, чем с тем же количеством черного щелока.

Изготавливали также образцы-балочки размером 4×4×16 см, которые твердели и испытывались в условиях, аналогичных образцам цементного камня.

Бетонные смеси имели производственный состав, принятый на Иркутском заводе ЖБИ для марок М200 и М300 с  $O.K. = 2 \dots 4$  см и  $Ж = 20 \dots 30$  с (например, состав для бетона марки М300 с  $O.K. = 2 \dots 4$  см: щебень — 1250 кг, песок — 630 кг, цемент — 420 кг, вода — 195 л). Из смесей изготавливали образцы-кубы с ребром 10 см, которые твердели и испытывались, как и растворы. Результаты испытаний приведены в табл. 1—3. Из этих данных видно, что добавка черного щелока обладает большим пластифицирующим эффектом, чем зеленого, из-за содержания в нем органических веществ. Оптимальное содержание зеле-

\* Рекомендации по применению добавки «зеленый щелок» в бетонах. — Владивосток, 1976.

ного щелока, обеспечивающее наилучшие физико-механические показатели образцов, постоянно для различных смесей и составляет 0,10—0,15% массы цемента в них (в пересчете на сухое вещество). Превышение этого значения приводит к ухудшению свойств материала и ускоренному схватыванию смесей.

Оптимальное содержание добавки черного щелока различно для разных смесей и составляет 0,2—0,35% массы цемента. Превышение этого предела приводит к вспучиванию образцов при тепловлажностной обработке. Приrost марочной прочности бетона с оптимальным содержанием добавки черного щелока составляет в условиях естественного тверде-

Таблица 1

Вид материала	Водопотребность, л/м <sup>3</sup> , при содержании щелоков, % к массе цемента							
	0	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
Цементный раствор нормальной густоты (Ц : П = 1 : 3)	335	321	314	314	314	314	313	313
		314	307	300	293	289	283	283
То же (Ц : П = 1 : 2)	325	312	301	301	301	301	301	300
		304	298	293	284	281	280	280
Бетонная смесь (О.К. = 2...4 см)	195	185	181	181	181	181	180	180
		178	172	167	166	166	165	163
То же (Ж = 20...30 с)	180	170	168	166	166	166	166	166
		168	162	156	151	150	148	147

Примечание. Над чертой — с добавкой зеленого щелока, под чертой — черного.

Таблица 2

Вид материала	Прочность на сжатие, МПа, при содержании щелоков, % к массе цемента							
	0	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
Цементный камень	56,3	58,4	66,8	57,6	57,0	—	—	—
		61,8	64,8	68,1	59,5	—	—	—
Цементный раствор нормальной густоты (Ц : П = 1 : 3)	26,4	31,5	25,6	24,0	Схватывание			
		31,2	32,8	34,0	35,2	38,8	41,8	30,8
То же (Ц : П = 1 : 2)	29,0	33,1	27,4	23,2	Схватывание			
		37,9	29,1	39,9	40,1	41,3	45,9	43,1
Бетон (О.К. = 2...4 см)	31,5	34,3	39,8	34,8	—	—	—	—
		33,9	35,8	37,1	38,3	35,9	32,6	29,1
* (Ж = 20...30 с)	21,5	27,0	24,5	23,8	—	—	—	—
		30,0	32,3	34,2	35,0	37,5	39,9	37,3

Примечание. Над чертой — с добавкой зеленого щелока, под чертой — черного.

Таблица 3

Вид материала	Прочность на сжатие, МПа, при содержании щелоков, % к массе цемента							
	0	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
Цементный камень	32,5	42,5	52,5	35,8	Схватывание			
		42,8	48,8	47,6	47,3	45,2	—	—
Цементный раствор нормальной густоты (Ц : П = 1 : 3)	26,4	31,5	25,6	24,0	—	—	—	—
		31,2	32,8	34,0	35,2	38,8	41,8	30,8
То же (Ц : П = 1 : 2)	29,0	33,1	27,4	23,2	—	—	—	—
		37,9	39,1	39,9	40,1	41,3	45,9	43,1
Бетон (О.К. = 2...4 см)	23,1	27,7	27,5	25,4	—	—	—	—
		27,5	28,2	31,2	32,5	31,6	27,8	26,5
* (Ж = 20...30 с)	20,1	23,7	23,3	21,1	—	—	—	—
		27,5	28,4	30,8	31,8	32,8	32,6	30,0

Примечание. Над чертой — с добавкой зеленого щелока, под чертой — черного.

ния 18%, тепловлажностной обработки — 32%, а при тепловлажностной обработке с последующим 28-суточным выдерживанием — 28% по сравнению с прочностью образцов без добавки. Это позволяет уменьшить содержание цемента в бетоне при достижении той же марочной прочности на 50—60 кг в расчете на 1 м<sup>3</sup> смеси.

Одновременно проверяли воздуховлекающее действие черного щелока на бетонную смесь по показателям морозостойкости эталонных образцов без добавки и с оптимальным содержанием черного щелока в смеси, равным 0,25% массы цемента. Морозостойкость определяли ускоренным методом при замораживании образцов в термобарокамере ПШ-30В при —50°С. Морозостойкость образцов с добавкой составила 370 циклов при пересчете на МРЗ с замораживанием при —20°С, а морозостойкость эталонных образцов — 160 циклов. Кроме того, определяли содержание воздуха в бетонной смеси при введении черного щелока. Введение 0,25% щелока вовлекает в бетонную смесь до 15 л воздуха на 1 м<sup>3</sup> бетона, причем пузырьки воздуха размером менее 0,5 мм составляют 60% общего объема пор, поры 0,5—1 мм — 38%, более 1 мм — 2%. В смеси без добавки содержание таких пор соответственно 13, 67 и 20%.

Поскольку зеленый и черный щелоки содержат значительное количество натриевых соединений, которые должны понижать температуру замерзания воды и ускорять твердение цемента при отрицательных температурах, их предложили в качестве противоморозных добавок. Однако применение для этой цели зеленого щелока затруднительно из-за быстрого схватывания смеси (см. табл. 2). Применение черного щелока нецелесообразно ввиду большого количества органических соединений, которые при введении повышенных количеств добавки будут вызы-

## Стандарты и нормативные документы

УДК 691.54

Б. П. АСОЯН, инж. (Госстрой СССР); А. С. ДМИТРИЕВ, канд. техн. наук (НИИЖБ); В. Г. ДОВЖИК, канд. техн. наук, Л. И. ЛЕВИН, инж. (ВНИИжелезобетон); В. А. ДОРФ, канд. техн. наук (Оргэнергострой)

### Типовые нормы расхода цемента для производства сборных и монолитных конструкций

На нужды строительства ежегодно расходуется более 100 млн. т цемента. Учитывая, что цемент является дефицитным и энергоемким материалом, проблема совершенствования нормирования и снижения его расхода в строительстве крайне актуальна.

Это обусловило необходимость пересмотра СН 386-74 для производства сборного железобетона и разработки норм для изготовления монолитных кон-

Таблица 4

Содержание добавок, % к массе цемента	Сроки схватывания цементного теста, мин, при соотношении щелоков					
	1:0	1:1	1,5:1	2:1	4:1	0:1
5	3 5	90	30 260	20 120	8 35	—
6	Мгновенное схватывание	80	65	50	5	—
8		То же	90	35	25	30
10	«	70	40	30	—	—
		—	150	—	—	—

Примечание. Над чертой — в начале схватывания, под чертой — в конце.

Таблица 5

Содержание добавок, % к массе цемента	Прочность на сжатие образцов, %, марочной прочности бетона, при соотношении щелоков			
	1:1	1,5:1	2:1	4:1
5	20,0	32,0	36,2	42,3
7	51,5	58,1	62,1	66,0
10	60,0	62,3	68,2	—

Примечание. Прочность на сжатие эталонных образцов без добавки составила 6% марочной прочности бетона.

вать вспенивание смеси. В связи с этим использовали смеси обоих щелоков в соотношениях зеленого к черному 1:1, 1,5:1, 2:1, 4:1, в которых черный щелок выступает в роли пластификатора и замедлителя схватывания цемента.

В табл. 4 приведены данные по замедлению схватывания цементного теста при

введении комбинированных добавок. Из этих данных видно, что начало схватывания цементного теста в пределах 30—45 мин может быть достигнуто при соотношениях добавок не выше 2:1. Рациональным является соотношение между зеленым и черным щелоками, равное 2:1, при максимальном их содержании в цементном тесте. Добавки вводили в бетонную смесь марки М300 производственного состава Иркутского завода ЖБИ. Из них формовали образцы-кубы с ребром 10 см, которые сразу же после изготовления помещали в морозильную камеру и выдерживали при —15°С в течение месяца. Одновременно изготавливали эталонные образцы без добавок, часть которых выдерживали в морозильной камере, а часть — в условиях естественного твердения. Результаты испытаний приведены в табл. 5.

Добавку зеленого щелока можно также использовать в сочетании с известными противоморозными добавками для ускорения набора прочности бетоном на морозе и повышения строительных свойств бетона. Введение 0,2% зеленого сульфатного щелока вместе с нитратом натрия позволило повысить прочность бетона при твердении в 28-суточный возраст при —15°С с 38 до 53% марочной, морозостойкость — до 250 циклов вместо 150, улучшить водонепроницаемость и сцепление арматуры с бетоном.

Таким образом, целесообразно использовать в качестве противоморозной добавки при температурах до —15°С смеси зеленого и черного щелоков в соотношении 2:1, а также зеленого щелока вместе с нитратом натрия для повышения строительных свойств бетона, твердеющего на морозе.

Опытное внедрение бетона с оптимальным количеством комбинированной добавки на Иркутском заводе ЖБИ позволило сократить расход цемента на 50 кг/м<sup>3</sup> и получить бетон более высокой марки по морозостойкости.

вующих производственных норм расхода цемента для приготовления тяжелых и легких бетонов на предприятиях сборного железобетона и при возведении монолитных конструкций для всех видов строительства.

При разработке СНиП технологические основы нормирования расхода цемента [1] для тяжелых бетонов были уточнены с учетом изменений в новых нормативных документах (СНиП II-21-75, ГОСТ 10180—78, ГОСТ 10181.1—81, ГОСТ 310.4—81, ГОСТ 10178—76 и ГОСТ 22266—76) по определению марки и прочности бетона, удобоукладываемости бетонной смеси, активности и марки цемента.

Прочность бетона в промышленности сборного железобетона контролируют в основном с использованием образцов-кубов с ребром 10 см. Образцы такого размера использовали для установления базовых зависимостей, определяющих прочность бетона и требуемое значение  $C/f$ , при разработке СН 386-74. Согласно действовавшему ранее СНиП II-3.1-62, марку бетона определяли прочностью при сжатии кубов с ребром 20 см. Переходный коэффициент от прочности кубов с

ребром 10 см к эталонным кубам при разработке СН 386-74 принимали равным 0,85.

Согласно действующим СНиП П-21-75 и ГОСТ 10180—78, марку бетона оценивали прочностью кубов с ребром 15 см, переходный коэффициент от прочности кубов с ребром 10 см к эталонным принят равным 0,95. Среднюю прочность бетона в серии определяли по двум наибольшим по прочности образцам. В результате при новом методе определения прочность образцов базового размера из бетона одного и того же состава стала на 12% больше и соответственно ту же марку бетона можно обеспечить при более низких значениях  $C/B$  и расходе цемента. При этом расход цемента снижается в среднем на 7,5% в бетонах марок до М400 и на 10—17% в бетонах более высоких марок при отпущенной прочности 100%. Больше снижение расхода цемента в бетонах высоких марок при 100%-ной отпущенной прочности вызвано тем, что требуемые для получения таких бетонов повышенные значения  $C/B$  (более 2,5) переместились в область постоянства водопотребности бетонной смеси [1]. В результате этого понизилось и водосодержание, что привело к большему снижению расхода цемента в бетоне.

Новые типовые нормы разработаны применительно к маркам бетонов, но одновременно в них приведена методика установления типовых норм для классов бетона по прочности согласно СТ СЭВ 1406—78. В них впервые включены нормы расхода цемента для высокопрочных (марок М600 — для тяжелых и М500 — для легких) и мелкозернистых бетонов.

Для более рационального использования отдельных видов цемента установлены понижающие коэффициенты на применение чистоклинкерных цемента и цемента с пониженной нормальной густотой (менее 25%), а также введены коэффициенты, учитывающие фактическую активность цемента при пропаривании [2]. Больше внимание уделено качеству применяемых заполнителей, вызывающих во многих случаях неоправданный перерасход цемента.

Типовые нормы предусматривают применение плотных заполнителей, отвечающих требованиям ГОСТ 10268—80. При этом специальными коэффициентами учитываются их крупность, форма зерен. В особых случаях с разрешения вышестоящих организаций допускается применять повышающие коэффициенты при вынужденном использовании щебня или гравия пониженной прочности, мелких песков и заполнителей с повышенным содержанием пылевидных частиц. При этом общее повышение нормы расхода цемента не должно превышать 15%.

Уточнено влияние на расход цемента некоторых технологических факторов. Изменены в соответствии с ГОСТ 10181.1—80 и рекомендациями ИСО 4103—78 интервалы удобоукладываемости бетонных смесей, а также методика их назначения в зависимости от способов формования и типа изделий, учтена возможность вынужденного повышения расхода цемента при особо коротких режимах тепловой обработки (менее 8 ч) и применении бетонных смесей с повышенной температурой.

Важным резервом снижения расхода цемента в бетоне является использование химических добавок, а также зол

ТЭС. Типовые нормы составлены для монолитных конструкций с обязательным применением пластифицирующей добавки СДБ. Применение добавок исключает увеличение расхода цемента при использовании высокоподвижных смесей (более 10 см для сборных конструкций и более 15 см — для монолитных), обязательно при длительных перевозках товарных бетонных смесей и для обеспечения требуемой удобоукладываемости и структуры смесей конструктивно-теплоизоляционных легких бетонов. Для эффективного использования зол ТЭС допускается снижать минимальный расход цемента до 150 кг/м<sup>3</sup> (для неармированных конструкций) и до 180 кг/м<sup>3</sup> (для армированных) при общем расходе цемента и золы соответственно 200 и 220 кг/м<sup>3</sup>.

Новые нормы охватывают не только сборный, но и монолитный бетон и железобетон. Они составлены для монолитного бетона на основе общих технологических зависимостей для установления  $C/B$  и  $B$  в бетонах в зависимости от марки цемента, удобоукладываемости бетонной смеси и свойств заполнителей [1]. В новых нормах для сборного железобетона за основу приняты бетонные смеси на щебне с предельной крупностью 20 мм, а для монолитного — 40, учтены возможность назначения проектной марки бетона в возрасте не только 28, но и 90, и 180 сут, целесообразность применения в качестве вяжущего пуццоланового портландцемента, возможность укладки смесей бетононасосами и другие специфические для монолитного бетона факторы.

Существенно переработаны принципы нормирования расхода цемента для легких бетонов. В связи с изменением методики определения прочности бетона корректировать расходы цемента не потребовалось, так как для легких бетонов эталонным и ранее был образец-куб с ребром 15 см. Ранее основными параметрами, определяющими расход цемента при данной марке легкого бетона, были насыпная плотность и вид крупного пористого заполнителя, что не способствовало получению на данных заполнителях бетонов с наилучшими показателями. В новых нормах за основу нормирования приняты в первую очередь проектные характеристики бетона (прочность и плотность), достигаемые при использовании оптимальных для данных условий пористых заполнителей. Это должно обеспечить изготовление легкобетонных конструкций с требуемыми характеристиками при минимальных расходах цемента. Введены также коэффициенты, корректирующие типовую норму в зависимости от характеристик пористых заполнителей и технологических приемов, необходимых для получения требуемых показателей качества легкого бетона при вынужденном использовании заполнителей неоптимальных марок. Нормы разработаны с учетом новых стандартов на легкий бетон и пористые заполнители (ГОСТ 25820—83, ГОСТ 9757—83, ГОСТ 9759—83 и др.). Они предусматривают для двух основных видов пористых заполнителей — гравия и щебня. Это исключает необходимость разработки отдельных норм для многочисленных видов пористых заполнителей.

За основу нормирования расхода цемента для конструктивно-теплоизоляци-

онного легкого бетона приняты установленные по данным ВНИИжелезобетона, НИИЖБ и АрмНИИС усредненные зависимости между расходом цемента и плотностью легкого бетона данной марки на гравии, щебне и пористых песках, обусловленные тем, что уменьшение плотности бетона достигается в основном снижением плотности и соответственно прочности крупного пористого заполнителя. Нормы рассчитаны на оптимальную технологию производства с применением воздухоовлекающих добавок, пористых заполнителей по ГОСТ 25820—83, оптимальных по длительности режимов твердения. Повышение расходов цемента при использовании вспученного перлитового песка или поризации пеной и газообразователя допускается лишь при необходимости снижения плотности бетона.

Нормы для конструктивных легких бетонов дифференцированы с учетом удобоукладываемости бетонной смеси и марки применяемого цемента и по структуре аналогичны нормам для тяжелых бетонов. В отличие от последних они учитывают два специфических для легких бетонов фактора: прочность пористых заполнителей и плотность бетона, достигаемую применением пористых песков или изменением объемной концентрации крупного заполнителя. Основная таблица норм составлена для бетонов на гравии (керамзите) с минимально рекомендуемой маркой по прочности (ГОСТ 9757—83), принятой на одну ступень выше, чем допущено ГОСТ 25820—83. При использовании заполнителей с меньшей и большей прочностью вводятся соответственно повышающие или понижающие коэффициенты, значения которых, как и значения табличных норм, установлены по известной зависимости  $R_b = f(R_k, R_p, \varphi)$  [3] при  $\varphi = 0,37$  и значениях прочности растворной составляющей  $R_p$ , принятых по нормам расхода цемента для тяжелого бетона с прочностью на 30% больше прочности растворной составляющей. Увеличение расхода цемента при уменьшении плотности конструктивного легкого бетона установлено по данным НИИЖБ и ВНИИжелезобетона. Действительность типовых норм для легких бетонов повышается введением усредненных значений коэффициентов, учитывающих отпущенную и передаточную прочность.

Применение новых типовых норм позволит снизить расход цемента при производстве бетона и железобетона. Они регламентируют также расход цемента в бетонах не только сборных, но и монолитных конструкций.

Достоинством норм являются их дифференциация, более тщательный учет характеристик применяемых материалов, в том числе химических добавок, зол ТЭС, технологических факторов, показателей качества бетонов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кайсер Л. А., Левин Л. П. Новые технологические зависимости, положенные в основу типовых норм расхода цемента в бетонах для сборных изделий. — В сб. трудов ВНИИжелезобетона, вып. 17. — М.: Стройиздат, 1972.
2. Малинина Л. А., Дмитриев А. С. Вопросы рационального использования цемента в бетоне при проектировании его состава. — В кн.: Совершенствование методов проектирования состава и контроля качества бетона. — М., МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1982.
3. Довжик В. Г., Дорф В. А., Петров В. П. Технология высокопрочного керамзитобетона. — М.: Стройиздат, 1976.

С. С. ГОРДОН, канд. техн. наук (ВНИИЖелезобетон)

## Совершенствовать методику испытания цемента

В статье [1] рассмотрен важный вопрос о выборе цемента для тепловой обработки бетона. В ней обобщены данные цементных заводов по активности цемента при нормальном твердении и пропаривании.

Основные ее выводы заключаются в том, что при пропаривании активность  $R_{пр}$  и коэффициент  $K_{п}$  внутри отдельных марок цемента колеблются примерно в 2 раза, мало зависят от вещественного и марочного состава цемента, а коэффициенты вариации этих величин довольно высоки — от 10 до 18%. Известно также, что колебания  $R_{ц}^{28}$  цемента доходят до 8 МПа.

Прежде всего следует обсудить вопрос, зависят ли такие значительные колебания характеристик цемента от самой методики их испытания по ГОСТ 310.4—81.

К недостаткам этой методики можно отнести:

чрезмерное насыщение раствора песком ( $\text{Ц:П}=1:3$ );

использование при формировании образцов-балочек только 83% изготовленного замеса;

использование для перемешивания раствора устаревшей бегунковой мешалки (п. 1.1);

возможность неоднородного уплотнения образцов по высоте при  $\text{Ц:П}=1:3$  (п. 2.2.4);

чрезмерный допуск ( $\pm 5^\circ\text{C}$ ) при изотермическом пропаривании (п. 2.3.2);

неопределенная относительная влажность греющей среды в пропарочной камере;

неопределенная температура в помещении после открывания крышки в течение 11 ч (п. 2.3.3).

Определим значение каждого из этих недостатков.

Известно, что нормальную структуру раствора можно получить при наличии коэффициента избытка  $K_{изб}$  объема цементного теста по отношению к объему пустот в песке  $> 1,25—1,4$ . При  $V/\text{Ц}=0,4$  и  $\text{Ц:П}=1:2$  величина  $K_{изб}=1,42$ , а при  $\text{Ц:П}=1:3$   $K_{изб}=0,95$ , что является причиной недостаточного уплотнения и снижения степени сцепления цементного камня с поверхностью зерен песка.

Известно также, что при последовательном увеличении содержания песка в растворе и неизменном  $V/\text{Ц}$  прочность раствора сначала растет, а затем падает [2—4]. Точка перегиба кривой находится при  $V/\text{Ц}=0,4$ , портландцементе и вольском песке в интервале величин  $\text{П:Ц}$  от 2 до 3 (ближе к 2). Так, по [3] при  $\text{П:Ц}=1$  коэффициент уплотнения  $K_{у} =$

$= 1,00$ ,  $R_{28}=21$  МПа, при  $\text{П:Ц}=2$   $K_{у}=0,96$ ,  $R_{28}=25,4$  МПа; при  $\text{П:Ц}=3$   $K_{у}=0,90$ ,  $R_{28}=18,7$  МПа. При замене вольского песка природным результаты опытов много хуже [3]. При  $\text{П:Ц}=3$  величина  $K_{у}$  снижалась до 0,95 и даже 0,77, а  $R_{28}$  — на 30—55% (по сравнению с образцами при  $\text{П:Ц}=2$ ).

Резкое снижение прочности образцов при их недоуплотнении показано на рис. 1 [5].

Использование для изготовления образцов-балочек неполного объема замеса (83%) и срезание излишков раствора (п. 2.14) может приводить к изменению состава раствора в балочках по сравнению с номинальным, что увеличит рассеяние величин  $R_{28}$ . Бегунковую мешалку следует заменить одним из современных типов лабораторных смесителей с высокой гомогенизацией растворной смеси, что также снизит рассеяние величин прочности. Режим уплотнения растворной смеси следует выбирать исходя из необходимости получения однородной величины  $K_{у}$  во всем бетоне образцов в пределах 0,980—0,985.

При допуске температур греющей среды в лабораторной камере  $85 \pm 5^\circ\text{C}$  и неопределенной относительной влажности колебания  $R_{ц}^{пр}$  могут доходить до 15% и выше. Устранение воздействия комплекса перечисленных факторов может снизить пределы изменения величин прочности и их коэффициенты вариации предположительно в 2 раза.

Таким образом, назрела необходимость пересмотра ГОСТ 310.4—81 и ГОСТ 10178—76 для устранения перечисленных недостатков и резкого снижения коэффициентов вариации прочности цементных растворов.

Может быть, пока следует оставить использование однофракционного вольского песка и  $V/\text{Ц}=0,4$ , но уменьшить  $\text{П:Ц}$  с 3 до 2 или 2,5 после опытной проверки.

Объем замеса рекомендуется делать равным объему балочек при  $K_{у}=0,98$ , к формам предусмотреть насадки для устранения потерь рыхлой смеси и пригрузки для получения гладкой поверхности. Целесообразно периодически проверять  $K_{у}$  отформованных балочек, например, по методике ВНИИЖелезобетона, основанной на точном взвешивании образцов затвердевшего бетона на воздухе и в воде. Для пропаривания образцов-балочек следует освоить серийный выпуск лабораторных пропарочных камер с автоматическим регулированием температурно-влажностного режима:  $t=80 \pm 2^\circ\text{C}$  и относительная влажность среды во время прогрева  $\geq 97\%$ . Технические решения таких камер разработаны.

Есть основания полагать, что переход на указанную методику позволит точнее оценивать продукцию цементных заводов и эффективнее использовать цементы в бетонах.

В более далекой перспективе целесообразно перейти на прямое — в бетоне — испытание цемента, без промежуточной оценки его активности, как было предложено в [4]. Однако это связано с определенными трудностями в обеспечении лабораторий стандартными заполнителями.

При пересмотре ГОСТ 310.4—81 и ГОСТ 10178—76 следует учесть неоднократно опубликованные в печати материалы по номенклатуре цемента, способам оценки их качества и применению в бетонах.

Что касается предложений [1] по разделению выпускаемых по ГОСТ 10178—76 цемента по активности при пропаривании и по коэффициенту при пропаривании, то до пересмотра ГОСТ 310.4—81 могут они быть использованы факультативно.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малинина Л. А., Мокрушин А. П., Бруссер М. П., Куприянов И. П. О выборе цемента для тепловой обработки бетона. — Бетон и железобетон, 1984, № 3.
2. Баженов Ю. М. Высокопрочный мелкозернистый бетон для армоцементных конструкций. — М.: Госстройиздат, 1963.
3. Помазков В. В. О путях совершенствования методов испытаний цемента. — В кн.: Исследования по цементным и силикатным бетонам. — Воронеж, изд-во Воронежского государственного университета, 1966.
4. Гордон С. С. Структура и свойства тяжелых бетонов на различных заполнителях. — М.: Стройиздат, 1969.
5. Кайсер Л. А., Чехова Р. С. Цементы и их рациональное использование при производстве сборных железобетонных изделий. — М.: Стройиздат, 1972.

## Новые книги

Комар А. Г., Баженов Ю. М., Сулименко Л. М. **Технология производства строительных материалов.** Учеб. для вузов. — М., Высшая школа, 1984.

Клименюк Н. Н. **Автоматизированные системы управления предприятиями сборного железобетона.** Учеб. пособие для вузов. — Киев, Вища шк., 1984.

УДК 691--4

## Металлооснастка серии 1.020

Трест Оргтехстрой Калининского территориального управления строительства разработал документацию металлической оснастки для изготовления изделий серии 1.020.

Металлические формы диафрагм жесткости для зданий с высотой этажа 3,3 и 4,2 м отличаются широкой универсальностью благодаря применению нескольких дополнительных вкладышей для каждой формы. Это позволяет в одной форме изготавливать 2—5 марок изделий.

Для изготовления в одной форме различных по ширине изделий были сделаны дополнительные гнезда под строповочные петли в бортах. Свободные при формовании гнезда закрывали специальными заглушками (рис. 1).

Были разработаны чертежи форм для изготовления лестничных маршей ЛМ 57-14.17, ЛМ 57-14.14, ЛМ 57-14.18. Формы предназначены для формирования одновременно двух изделий.

При распалубке продольные борта формы открываются, поворачиваясь вокруг вертикальной оси, которая в свою

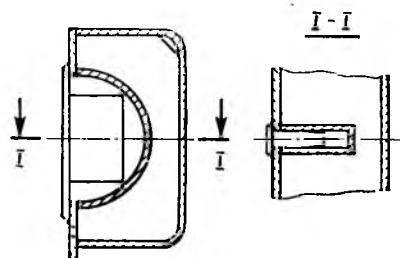


Рис. 1. Специальные заглушки для закрытия свободных при формовании гнезд под строповочные петли

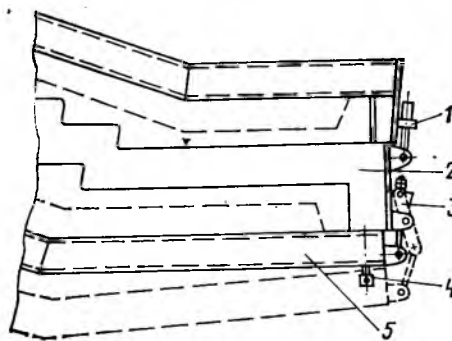


Рис. 2. Замок-шарнир для смещения оси поворота бортов формы и их крепления к поддону — разделителю

1 — замок; 2 — разделитель поддона; 3 — замок-шарнир; 4 — винт упорный; 5 — борт

очередь предварительно перемещается в сторону относительно поддона формы. Для смещения оси поворота бортов разработана конструкция специального замка-шарнира (рис. 2), с помощью которого борт перемещается без перекоса и надежно соединяется с разделителем поддона формы. Перемещение свободного конца продольных бортов производится по специальному направляющим на роликах.

Для начального отрыва бортов от разделителя поддона в конструкции формы предусмотрены упорные винты, так как силы сцепления между бетоном и формирующей поверхностью борта, имеющей сложную конфигурацию, достаточно значительны.

По сравнению с существующими типами подобных форм в данном случае металлоемкость формы снижена примерно на 25%. Конструкция формы проста в изготовлении. Ее отличает более быстрая сборка и распалубка; а также возможность свободного расширения металла при тепловой обработке изделий.

Дополнительные сведения можно получить в ПТГ Оргтехстрой по адресу: 170041, Калинин-41, ул. Шмидта, 17/14.

А. М. ПУЗЫРЕВ, инж.  
(трест Оргтехстрой Калининского ТУС)

УДК 666.3.022.83/84

## Формовочная машина

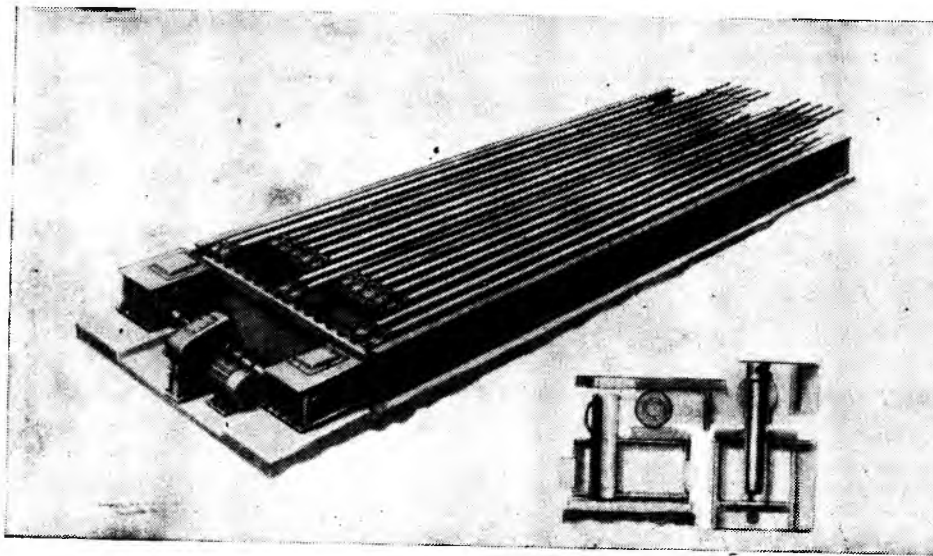
Машина предназначена для образования пустот в панелях перекрытий, применяемых при строительстве жилых, гражданских и промышленных зданий.

Формовочная машина (см. рисунок) состоит из рамы, каретки с пустотообразователями и привода перемещения, роликовой опоры вкладышей и электрооборудования. Рама состоит из двух продольных сварных балок, по которым перемещается каретка, и поперечной балки с отверстиями для фиксации пустотообразователей. Каретка служит для установки пустотообразователей в форму и извлечения их. Она представляет собой сварную коробчатую конструкцию, опирающуюся на четыре ходовые колеса с контрроликками и перемещающуюся по

рельсам, установленным на продольных балках рамы. Привод передвижения каретки состоит из двигателя, тормоза, редуктора, двух зубчатых муфт и приводных станций. Приводные звездочки установлены в корпусе приводных станций, что позволяет осуществлять надежную смазку тяговых цепей, концы которых закреплены на каретке. Привод укреплен на фундаменте. Цепи в балках рамы поддерживаются опорами. Ход каретки ограничен установленными на балках бесконтактными конечными выключателями и буферными упорами.

Пустотообразователи изготовлены из трубы и соединяются с корпусом каретки вертикально устанавливаемыми штырями, входящими в рабочие отверстия на

хвостовике вкладыша. Кроме рабочих, на хвостовике имеются специальные отверстия для соединения пустотообразователей с поперечной балкой рамы. Узел крепления пустотообразователей с кареткой выполнен так, чтобы в начальный момент извлечения пустотообразователей из отформованного изделия одновременно срагивались с места по четыре крайних пустотообразователя с каждой стороны изделия. Концы пустотообразователей после извлечения из формы ложатся на опору, выполненную из отдельных роликов, смонтированных на оси. Опора установлена на фундаменте с помощью трех кронштейнов. Формовочная машина управляется с пульта.



Формовочная машина и узел крепления пустотообразователей

Переналадка машины на выпуск изделий с различным числом пустот заключается в перестановке вертикального штыря из рабочего отверстия в специальное на хвостовике пустотообразователя, при этом последний фиксируется с

поперечной балкой рамы и выключается из работы. Такой метод исключает трудоемкие операции по демонтажу и монтажу пустотообразователей. При выпуске изделий различной длины на формовочной машине предусмотрена возмож-

ность перестановки конечных выключателей, ограничивающих ход каретки при вводе пустообразователей в форму.

Работа формовочной машины происходит следующим образом. После установки формы на виброплощадку пустообразователи вводятся в отверстия торцовых бортов. Затем бетонная смесь уплотняется на виброплощадке. После формирования пустообразователи извлекаются из изделия.

Формовочная машина входит в состав технологического оборудования универсальной конвейерной линии и ее можно использовать при агрегатно-поточном производстве многупустотных панелей перекрытий.

#### Техническая характеристика

Габаритные размеры, мм	7180×2980×220
Диаметр пустот, мм	127 и 159
Число пустообразователей, шт.	16
Максимальное усилие извлечения пустообразователей, кгс	25700
Скорость извлечения пустообразователей, м/с	0,1
Установленная мощность, кВт	30
Габаритные размеры, мм	13070×3780×795
Масса, кг	27000

Разработчиком формовочной машины является КБ по железобетону им. А. А. Якушева.

**В. А. ПРОХОРОВ**, инж.  
(КБ по железобетону им. А. А. Якушева)

## На ВДНХ СССР

УДК 69.002.2.061.4

Б. И. РЯБОШАПКО, инж. (Мосоргстрой)

## Показ передового опыта Главмосстроя

В апреле 1984 г. ведущая строительная организация столицы — Главмосстрой отметил свое 30-летие.

В разделе «Строительство» ВДНХ СССР на Фрунзенской набережной развернута юбилейная выставка «Индустриализация строительства жилых зданий и объектов социально-бытового назначения (опыт Главмосстроя)». В экспозиции видное место занимает показ опыта повышения уровня индустриализации строительства, совершенствования технологии производства и монтажа железобетонных конструкций, экономии материальных ресурсов.

Важнейшим этапом повышения уровня индустриализации и качества строительства явился переход на возведение зданий из унифицированных изделий единого каталога, который содержит полный набор деталей для 12—25-этажных домов и зданий культурно-бытового назначения. Удельный вес зданий, сооружаемых организациями главка из изделий единого каталога, в 1983 г. достиг 72% общего объема строительства.

Значительное сокращение затрат труда на монтажные работы достигается за счет применения новых индустриальных конструкций — сборных железобетонных

фундаментных плит для 17-этажных крупнопанельных жилых домов, объемных элементов входов в технические подполья; панелей перекрытий, совмещенных с балконными плитами; объемных элементов лифтовых шахт, укрупненных элементов крыльца для опирания ступеней входа в блоки инженерных коммуникаций повышенной заводской готовности для жилых домов системы КОПЭ и др.

Широкое применение в Главмосстрое получили блочные комплектные унифицированные подстанции типа БКТПу, выпускаемые экспериментальным заводом

объемных инженерных сооружений НПО Прокатдеталь. Такая подстанция с двумя трансформаторами по 630 кВА состоит из двух объемных блоков (БТП-1 и БТП-2) со смонтированным электрооборудованием. Снижение затрат труда на строительство подстанции составляет 17 чел.-дн. по сравнению с подстанцией 4ТО2Х630.

Для подстанций типа БКТПу выпускаются объемные железобетонные фундаменты. Снижение затрат труда на устройство фундамента на 26 чел.-дн. меньше, чем блочного.

Блочная приставка к БКТПу для наружного освещения БП-НО полной заводской готовности со смонтированным электрооборудованием позволяет экономить затраты труда на 11,46 чел.-дн.

Вводно-распределительное устройство модернизированное типа ВРУ-78 для приема, распределения и учета электроэнергии в жилых и общественных зданиях комплектуется из отдельных панелей заводской готовности. Распределяемая мощность — до 1200 кВт, напряжение — 0,4 кВ. Экономическая эффективность от внедрения одного ВРУ составляет 20,66 р.

Распределительный пункт, совмещенный с трансформаторной подстанцией, РТП-82 представляет собой здание, монтируемое из панельных железобетонных конструкций. На сооружении РТП-82 экономия затрат труда составляет 12 чел.-дней.

На открытой площадке выставлен ряд индустриальных железобетонных конструкций и изделий. В их числе — наружная трехслойная панель стены крупнопанельного жилого дома серии КОПЭ-80. Она изготовлена из бетона марок: по прочности М200, по морозостойкости — Мрз50. Утеплителем служит полистирольный пенопласт объемной массой 30 кг/м<sup>3</sup>. Длина панели 7190 мм, высота 2885 мм, толщина 350/250 мм, масса 7,3 т. Изготавливает такие панели Очаковский завод железобетонных конструкций. В двухмодульной трехслойной панели наружной стены для строительства 17-этажных крупнопанельных домов серии П-44 утеплителем служит также полистирольный пенопласт. Фасадная поверхность панели облицована крупнозернистой керамической глазурованной плиткой «под кирпич», внутренняя лицевая подготовлена под оклейку обоями, торцевые и верхние грани огрунтованы на заводе герметизирующей мастикой. Длина панели 6385 мм, высота 2865 мм, толщина 280 мм, масса 4,46 т. Изготовитель — Краснопресненский завод ЖБК.

Ростокинский завод выпускает двухмодульные плиты лоджий усовершенствованной конструкции для жилых домов серии П-44/17. Применение оптимальной схемы армирования плиты позволило на 35% уменьшить расход арматурной стали и на 0,6 м<sup>3</sup> бетона. Использование двухмодульной плиты вместо одномодульных дало возможность снизить трудоемкость монтажа в 1,8 раза.

Панель наружной стены для объектов здравоохранения, выпускаемая опытным заводом НПО «Прокатдеталь», изготавливается из керамзита марки 50. Наружная отделка — окраска. Длина панели 7530 мм, высота 3360 мм, толщина 320 мм, масса 7,4 т.

Тот же завод изготавливает керамзитовые панели торцевых стен для нежилых

этажей многоэтажных крупнопанельных жилых домов, в которых размещаются предприятия бытового и коммунального обслуживания населения. Длина панели 7530 мм, высота 3360 мм, толщина 320 мм, масса 8,4 т, марка керамзитобетона 50, марка бетона фактурного 100. Панель отделана кремнийорганической эмалью КО-174 с присыпкой.

Ежегодно для устройства железобетонных безрулонных крыш жилых домов домостроительные комбинаты № 1 и 2 применяют 100 тыс. м<sup>2</sup> плит повышенной заводской готовности, конструкция которых разработана МНИИТЭП и НИИМосстроем.

Привлекают внимание унифицированные санитарно-технические кабины полной заводской готовности: типов КСТУ и КСТД, предназначенные для установки в лечебных учреждениях, укомплектованные санитарно-техническим оборудованием, с выполненными электромонтажными и отделочными работами, выпускаемые Даниловским кабинстроительным заводом Главмоспромстройматериалов; УК-11 — для детских дошкольных учреждений, выпускаемые Калибровским кабинстроительным заводом ГМПСМ. Снижение затрат труда на установку одной кабины составляет 1,9 чел.-дня.

Среди натуральных экспонатов выставлена индустриальная объемная холодильная камера для хранения скоропортящихся продуктов, овощей, фруктов и т. п. полезной площадью 15 м<sup>2</sup>, собираемая на заводе в объемный элемент из стен и перекрытия, представляющих собой облегченные железобетонные скорлупы с прокладкой утеплителя типа ПСБС. Камеру можно монтировать как отдельным блоком, так и из набора блоков для создания холодильного помещения.

На заводах железобетонных конструкций ДСК Главка, выпускающих в год около 1,5 млн. м<sup>3</sup> изделий, за последние 5 лет внедрено 12 новых высокопроизводительных технологических линий. На Очаковском заводе вошел в строй двухъярусный конвейер для изготовления панелей внутренних стен жилых домов системы КОПЭ. Он состоит из технологической линии конвейера и двух параллельных туннельных камер тепловой обработки. В результате размещения этих камер под технологическим конвейером достигается сокращение производственных площадей, а за счет ускорения цикла термообработки увеличивается производительность линии — до 150 тыс. м<sup>2</sup> панелей в год.

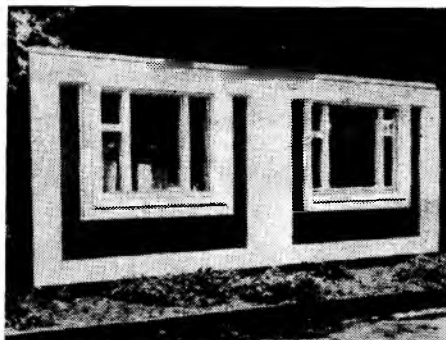


Рис. 1. Трехслойная панель наружной стены жилого дома серии КОПЭ-80



Рис. 2. Двухмодульная панель наружной стены дома серии П44/17

На этом же заводе работает замкнуто-поточная линия двухциклического действия для выпуска 320 тыс. м<sup>2</sup> доборных изделий в год. Она состоит из двух ветвей, по которым рольгангами перемещаются во взаимно противоположных направлениях разногабаритные формы с изделиями. Линия оснащена асимметричными виброплощадками, помогающими лучше уплотнению бетонной смеси. Все технологические процессы, включая заглаживание и шлифование изделий, механизированы. Годовой экономический эффект от внедрения линии 268 тыс. р.

На Хорошевском заводе вошел в строй новый цех по выпуску 15 тыс. санитарно-технических кабин в год.

На Востряковском заводе железобетонных конструкций внедрено устройство для автоматизации управления дозированием компонентов бетонной смеси, дающее возможность дистанционно управлять дозированием материалов при приготовлении бетонных смесей на вибропркатных станах в условиях непрерывной подачи их в бетономешалки, регистрировать расход всех составляющих бетона и время работы стана, а также в зависимости от объема и плотности цемента на транспортере автоматически корректировать расход цемента. Таким образом исключается нарушение установленного лабораторией состава бетонной смеси, а значит, и перерасход цемента. Экономический эффект от применения устройства 15 тыс. р. в год.

На заводе НПО «Прокатдеталь» действует автоматизированная установка челночного типа для отделки панелей наружных стен кремнийорганическими эмалями. Ее производительность по сравнению с существующими в 2 раза выше за счет наличия двух кантователей с грузовыми тележками и двух покрасочных камер, обеспечивающих последовательное нанесение покрытий на панели с дальнейшей подачей их в сушильную камеру. Продолжительность цикла 116 мин, годовой экономический эффект от внедрения установки 13,7 тыс. р.

На выставке показано много нового в области совершенствования технологии монтажа полносборных зданий, базирующейся на разработке и использовании эффективных технических средств. В Главмосстрое разработаны и внедрены 82 нормоконспекта технологического оснащения для монтажа крупнопанельных, панельно-блочных и каркасно-панельных зданий. Для них изготавливается 65 тыс. единиц оснастки в год. Демонстрируется

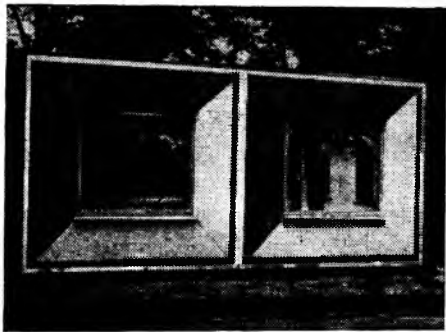


Рис. 3. Панель наружной стены для объектов здравоохранения

разработанный трестом Мосоргстрой способ доставки на стройки и подачи краном на монтажный горизонт набора железобетонных изделий каждой массой до 2 т в транспортно-монтажных контейнерах (в комплекте, соответствующем грузоподъемности крана) с дальнейшей элементарной установкой их в проектное положение. Такой способ дает возможность повысить коэффициент использования башенных кранов по грузоподъемности в 2,3 раза и достичь экономического эффекта 2279 р. в год на 1000 м<sup>2</sup> общей площади.

Мосоргстрой разработал инвентарную петлю грузоподъемностью 3 т для беспетлевого монтажа панелей перекрытий крупнопанельных домов. Такие петли вставляются в технологические отверстия панели. Применение петли создает возможность несимметричной строповки панели специальным грузозахватным устройством за две петли, предназначенные для перемещения и складирования панели, и за инвентарные петли.

При строительстве каркасно-панельных зданий используются разработанные Мосоргстроем монтажные манипуляторы, что дает возможность осуществлять опережающую установку панелей наружных стен, совмещенный монтаж колонн и стенок жесткости, обходясь при этом без навесных монтажных площадок и инвентарных ограждений. Применение одного манипулятора сокращает затраты труда и кранового времени на 58%, дает экономии металла 150 кг. Годовой экономический эффект 3600 р. на 1000 м<sup>2</sup> общей площади. Этим же трестом создана прогрессивная технология монтажа крупнопанельных зданий культурно-бытового назначения, основанная на использовании грузозахватных манипуляторов, обеспечивающих строповку и подъем на монтаж всех сборных конструкций (без переоснащения крана), а также рациональной монтажной оснастки, позволяющей производить временное крепление и выверку установки конструкций без подмащивания. Применение такой технологии дает сокращение затрат труда на 40,8 чел.-ч на 1000 м<sup>2</sup> общей площади зданий.

Для строительства высотных зданий Минстройдормаш СССР совместно с Главмосстроем создали монтажные краны грузоподъемностью до 25 т с регулируемым диапазоном скорости подъема груза и опускания крюка от 3 до 12 м/мин. Выработка на один кран составляет 28 тыс. м<sup>2</sup> общей площади.

СКБ Мосстрой разработало бункер БВ-1,6 для приема бетонной смеси из автосамосвалов и транспортировки ее к месту укладки. Его емкость 1,6 м<sup>3</sup>, грузоподъемностью 4 т, мощность вибратора 0,25 кВт. Бункер снабжен затвором секторного типа, позволяющим выгружать бетонную смесь необходимыми объемами. Работа вибратора способствует удобному и полному опорожнению бункера.

Среди натуральных образцов представлены разработанные Мосоргстроем грузозахватный манипулятор МГСП-10 для монтажа крупнопанельных зданий, монтажный манипулятор МКК-12 и грузозахватный манипулятор МГСК-8 для установки конструкций каркасно-панельных зданий, грузозахватный манипулятор МГТЗ-8 для подъема панелей наружных стен с формовочного конвейера (после термообработки) и автоматического перевода в транспортное положение во время подачи их на конвейер отделки, монтажная связь с кольцевыми шарнирами для временного крепления и выверки конструкций, строительные нивелирные рейки, а также ряд разработок других подразделений Главмосстроя.

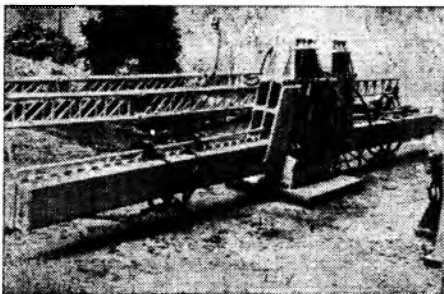


Рис. 4. Грузозахватный манипулятор МГТЗ-8

Обширен раздел экспозиции, освещающий опыт экономии материальных ресурсов. В Главмосстрое разработана и осуществляется Целевая комплексная программа экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов. В результате выполнения мероприятий этой программы в 1981—1983 гг. в главке сэкономлено 38,4 тыс. т цемента, 6,8 тыс. т проката черных металлов, 6,4 тыс. м<sup>3</sup> лесоматериалов, 12,4 млн. кВт·ч электроэнергии, 4,9 тыс. т условного топлива.

Основная экономия цемента и металла достигается на заводах главка. Одно из главных мероприятий по экономии цемента — применение химических добавок.

Например, на Ростовкинском заводе ЖБК используют суперпластификатор С-3, в результате чего подвижность бетонной смеси повышается в 3 с лишним раза, почти в 2 раза ускоряется ритм формирования изделий, на 20% сокращается продолжительность термообработки и соответственно возрастает оборачиваемость поддонов и форм, улучшается качество поверхности изделий со стороны поддонов, вдвое повышается морозостойкость бетона, расход цемента уменьшается на 5%. Помимо этого, сокращается продолжительность виброуплотнения, благодаря чему улучшаются условия труда.

На Краснопресненском заводе ЖБК за счет внедрения статистического контроля прочности бетона на сжатие в соответствии с требованиями ГОСТ 18105.01—80 при высокой однородности бетона снижают отпускную прочность изделий, соответственно уменьшая норму расхода цемента (на 0,35% на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси), получают экономию этого сырья до 2,6 тыс. т в год.

Применение разработанной НИИМосстроем конструкции дорожного покрытия из сталефибробетона, в которой армирующим материалом служат отрезки стальной проволоки из отработанных тросов, позволяет за счет уменьшения толщины дорожного основания снизить расход цемента на 45 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона.

Внедрение для строительства временных и постоянных дорог крупноразмерных беспетлевых предварительно напряженных железобетонных плит конструкции НИИМосстроя дало возможность экономить на 1 км дороги 35 т металла и 210 м<sup>3</sup> бетона.

На заводе НПО «Прокатдеталь» получают рельефную фактуру поверхности железобетонных панелей в процессе изготовления, чтобы устранить отпечатки звеньев формующей ленты. Это позволяет при строительстве одного 4-секционного дома экономить 17,5 м<sup>3</sup> штукатурного раствора, 350 кг краски, 5,25 т цемента и на 129 чел.-дней сократить затраты труда.

Хорошевский завод ЖБИ перешел на выпуск новых, модернизированных санитарно-технических кабин УК-1М и УК-2М. В этих кабинках воздухообмен обеспечивается одновременно из помещений ванной и санузла через один вентиляционный блок новой конструкции, а не через два, как было раньше. За счет этого достигается экономия 12 тыс. т гипсоцементно-пущофанового вяжущего и 400 т арматурной стали в год.

На выставке широко представлены строительные машины и механизмы, разработанные подразделениями главка как самостоятельно, так и в содружестве с Минстройдормашем СССР.

Содержательная, оформленная на высшем художественном уровне выставка обстоятельно освещает богатый опыт Главмосстроя.



## Плодотворный обмен идеями

Во многих странах накоплен немалый опыт проектирования и возведения зданий из индустриальных железобетонных конструкций различного назначения. Однако инженерная мысль не стоит на месте. Повсюду идут поиски новых и совершенствование существующих конструктивных систем, элементов и частей зданий. И именно эти проблемы стояли в центре внимания творческого обмена идеями на международном симпозиуме на тему «Индустриальные бетонные конструкции жилых и общественных зданий», состоявшемся в Ленинграде и организованном комиссией Международного совета по научным исследованиям и документации в области строительства (СИБ) и Госгражданстроем. В работе симпозиума приняли участие 74 представителя из 12 государств: СССР, ВНР, ГДР, ЧССР, ПНР, СФРЮ, Испании, Финляндии, Франции, КНР, Турции, Доминиканской Республики.

Кроме обсуждения актуальных вопросов совершенствования производства индустриальных изделий для жилищно-гражданского строительства, участники симпозиума познакомились с технологией и организацией труда на одном из лучших предприятий города — Парнасском заводе строительных конструкций, побывали на строительных площадках новых районов застройки Ленинграда.

В докладе Н. Розанова (СССР), открывшем дискуссию, показаны успехи нашей страны в области индустриализации строительства, все увеличивающиеся объемы выпуска железобетонных изделий. При этом совершенствование конструктивных решений осуществляется комплексно, по многим направлениям. Это — применение многослойных панелей из тяжелого бетона, безростверковых фундаментов с новой технологией забивки свай, внедрение в широкую практику крыш с теплым чердаком, более совершенных конструкций стыков и многое другое. Для многих участников симпозиума стал открытием блок-секционный метод проектирования жилых зданий, столь широко применяемый в нашей стране.

Интересным было сообщение Ж. Люже (Франция), посвященное проблеме совершенствования наружной теплоизоляции в крупнопанельном домостроении. В нем подробно изложены новые технические идеи в формировании крупных панелей с применением синтетических вяжущих, армированных гибкой сеткой из стекловолокон. Докладчик поделился опытом французских до-

мостроителей, разработавших методы облицовки панелей тонкими каменными плитками, что обеспечивает высокую водонепроницаемость, сплошную теплоизоляцию без термических мостиков по поверхности стены.

О крупнопанельном домостроении и конструкциях, используемых при сооружении гражданских зданий в экстремальных условиях Крайнего Севера и Сибири, сообщили Н. Никифоров, А. Аронов и Н. Поливановская (СССР). Серии жилых домов, применяемых для строительства в этих регионах, наилучшим образом учитывают климатические, геолого-почвенные и другие сложные условия, в которых приходится вести строительство. Немаловажное значение имеют антисейсмические мероприятия, поскольку значительные районы вновь осваиваемых территорий подвержены высоким сейсмическим воздействиям. Ограниченный набор блок-секций позволяет создавать выразительные жилые формирования в условиях сравнительно скромной производственной базы, добиваясь комфортабельности проживания.

П. Чижек (ЧССР) познакомил участников симпозиума с открытой системой из сборных несущих элементов «Интегро», позволяющей проектировать здания различной этажности, начиная с одноэтажных, с одним или несколькими пролетами в двух направлениях, а также конструировать помещения залов различной формы. Сочетание элементов, подчеркнул чешский специалист, позволяет почти повсеместно использовать систему «Интегро» при возведении промышленных и общественных зданий. Оправдывает она себя и при строительстве многофункциональных сооружений, особенно в тех городских формированиях, которым необходимо придать градостроительный акцент. Универсальность системы обеспечивается изменчивостью пролета, высоты конструкции и параметров нагрузок несущих элементов.

Другой важной проблемой, обсуждавшейся на симпозиуме, была разработка современных методов в индустриальном производстве и возведении зданий из сборных элементов и монолитного бетона.

О новой технологии изготовления бетонных элементов путем немедленной распалубки сообщил Ж. Шарьер (Франция). С помощью оборудования, применяемого для этих целей, можно получить с одной формы 24 изделия в сутки (сборные элементы для 300 квартир в год). Производственная ли-

ния из таких форм позволяет выпускать целый набор деталей, независимо от какой-либо конструктивной системы, принятой для строительства.

С. Николаев (СССР) дал обзор различных направлений индустриального домостроения в нашей стране, рассказал о специфике каждого из них.

Венгерские специалисты М. Секели и Ц. Холло доложили о принципах разработки металлических вкладышей для сборных элементов, об универсальных каркасах «Унивас», позволяющих повысить гибкость планировочной структуры здания, выпускать конструкции с большей степенью заводской готовности.

М. Виртанен (Финляндия) поделился опытом внедрения открытой системы из сборных элементов для сооружения промышленных и торговых зданий (система «Фрейм-бес»). Это позволяет максимально унифицировать отдельные конструктивные решения и типоразмеры, что дает немалый технико-экономический эффект. В то же время эта система позволяет архитектору практически неограниченно разнообразить фасады общественных зданий.

Широко обсуждался круг вопросов, связанных с сейсмостойким строительством полносборных и монолитно-бетонных зданий.

Р. Дмитриевич (СФРЮ), Э. Александрия, Б. Гудков, С. Клингерман (СССР) и другие охарактеризовали новые направления в конструировании сейсмостойких зданий, в частности, повышение степени монолитности железобетонных элементов с помощью замоноличивания стыков растворами на основе органических и неорганических вяжущих. Особо внимательно была рассмотрена проблема создания сейсмостойких зданий из крупных блоков с применением ядер жесткости в зоне лестничных клеток, использованием вертикального напрягаемого армирования и других методов антисейсмической защиты зданий и сооружений.

Содержательность докладов, новизна в решении ключевых проблем совершенствования технологии изготовления железобетонных элементов и возведения зданий, актуальность вопросов, являвшихся предметом обсуждения, — все это позволило участникам симпозиума обогатиться новыми идеями, внедрение которых в практику обещает немалый экономический и градостроительный эффект.

**В. С. ЭПШТЕЙН, руководитель пресс-центра Госгражданстроя**

Phainer M. Sh., Loshanyuk V. I., Kozlovsky K. G., Tsykhonchuk A. M., Khaluyavin Yu. G., Bober S. B. Technological complex for manufacturing structures from high-strength concretes  
 Anufriev L. N. Saving of material and fuel-power resources  
 Shorshnev G. N., Norozov V. I., Zhukov V. I. Physico-mechanical properties of heavy ferro-cement  
 Guzeev E. A., Pinus B. I. Assessment of reinforced concrete structures reliability under low temperatures  
 Orlovsky Yu. I., Linscha R. Ya. Prediction of temperature-moisture coefficient of deformation for concrete  
 Krasnyj I. M., Vlasov V. K. Apparatus for determination of concrete mix viscosity  
 Volkov L. A. Modernized machine-tools for cutting reinforcing steel  
 Ivanov E. G. Slag-alkali guniting concrete for repair and hydraulic seal of structures  
 Bachinsky V. Ya., Bambura A. N., Vatagin S. S. Relation between stress and deformations of concrete under short-term not uniform compression  
 Chercasova L. A., Mironov S. A., Ivanova O. S. Application of sulphate alkalies of paper-cellulose group of enterprises as admixtures for concrete

Phayner M. Ch., Lochanuk V. I., Kozlovsky K. G., Tsykhontchouk A. M., Khaluyavine Yu. G., Bober S. B. L'ensemble technologique pour la fabrication des structures en béton à haute résistance  
 Anouphriev L. N. L'économie des ressources matérielles et celle en combustible et électricité  
 Chorchnev G. N., Morozov V. I., Zhukov V. I. Les propriétés physico-mécaniques d'armo-ciment lourd  
 Orlovsky Yu. I., Livcha R. Ya. La prévision de coefficient des déformations de température et d'humidité  
 Krasnyj I. M., Vlassov V. K. L'installation pour déterminer la viscosité du béton frais  
 Volkov L. A. Les installations modernisées pour couper l'acier des armatures  
 Ivanov E. G. Le béton de laitier-alkali aspergé pour la réparation et hydro-isolation des structures  
 Batchinsky V. Ya., Bamboura A. N., Vataghine S. S. Le rapport entre les contraintes et les déformations du béton sous la compression de courte durée et non-uniforme  
 Tcherkassova L. A., Mironov S. A., Ivanova O. S. L'application des lessives à sulfates des ensembles de papier-cellulose en qualité des adjuvants dans le béton

Feiner M. Sch., Loscharjuck W. I., Koslowski K. G., Zychontschuck A. M., Chajjavin Ju. G., Bober S. B. Technologischer Komplex für Herstellung von Konstruktionen aus hochfesten Betonen  
 Anufrijew L. N. Einsparung von materiellen und Brennstoffenergiesressourcen  
 Schorschnev G. N., Morosow W. I., Shukow W. I. Physikalisch mechanische Eigenschaften von Schwerarmozement  
 Gusejew Je. A., Pinus B. I. Bewertung der Sicherheit von Stahbetonkonstruktionen unter niedrigen Temperaturen  
 Orlovski Ju. I., Ljwscha R. Ja. Vorausbewertung des Koeffizienten von Temperatur — und Feuchtigkeitsverfahren des Betons  
 Krasnyj I. M., Wlassow W. K. Gerät zur Bestimmung der Zähigkeit des Betongemisches  
 Wolkow L. A. Modernisierte Schneidmaschinen für Betonstahl  
 Iwanow Je. G. Schlackenalkalischer Aufspritzen-Beton für Instandsetzung und Wasserabdichtung von Konstruktionen  
 Batschinski W. Ja., Bambura A. N., Vatagin S. S. Zusammenhang zwischen Spannungen und Formänderungen des Betons bei kurzzeitigem ungleichartigem Druck  
 Tscherkassowa L. A., Mironow S. A., Ivanowa O. S. Verwendung von Sulfatlaugen der Baumwollzellstoffkombinate als Betonzusatzmittel.

На второй странице обложки:

Пролет для изготовления подкрановых балок и ригелей

Полигональная стропильная ферма пролетом 24 м

(к статье М. Ш. Файнера, В. И. Лощанюка, К. Г. Козловского и др. «Технологический комплекс по изготовлению конструкций из высокопрочных бетонов»)

Редакционная коллегия: И. Н. Ахвердов, Ю. М. Баженов, В. Н. Байков, А. И. Буракас, Ю. В. Волконский, А. А. Гвоздев, А. М. Горшков, П. А. Демянюк, В. Т. Ильин, Н. М. Колоколов, М. Г. Костоковский, В. В. Михайлов, К. В. Михайлов (главный редактор), В. М. Москвин, Ю. М. Мухим, Д. А. Паньковский, В. С. Подлесных, Б. Я. Рискин, С. И. Сименко, В. В. Судаков, Д. М. Чудновский, А. А. Шлыков (зам. главного редактора)

Технический редактор Сангурова Е. Л.

Корректор Федина А. В.

Сдано в набор 13.08.84  
 Формат 60×90%

Печать высокая

Подписано в печать 27.09.84.  
 Усл. печ. л. 4,0

Усл. кр.-отг. 4,75

Уч.-изд. л. 6,04

Тираж 14600 экз.

Т-19339

Зак. 300

Адрес редакции: 101442, Москва, ГСП-4, Каляевская, 23а Тел. 292-41-34, 292-62-05

Подольский филиал производственного объединения «Периодика» Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли  
 142100, г. Подольск, ул. Кирова, д. 25

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru

# Новое арматурно- сварочное оборудование

Чебоксарским филиалом СКТБ «Стройиндустрия» разработано, а Минстроем СССР изготовлено новое оборудование для арматурно-сварочных работ, применяемое на предприятиях сборного железобетона.

Станок ПСН-14 предназначен для выполнения в автоматическом режиме размотки, правки, чистки, резки на мерные стержни арматурной стали, поставляемой в мотках. Станок имеет бухтодержатель, правильный барабан, два механизма подачи проволоки с помощью эксцентриковых захватов, отмеривающее устройство, механизм резки и пульт управления.

Большая скорость непрерывной подачи арматурной проволоки, высокая точность резки стержней по длине и качество правки обеспечиваются принципиально новой конструкцией станка. Потребляемая им мощность 23 кВт, диаметр стержней 6—14 и 6—12 мм соответственно гладкого и периодического профилей, длина стержней 1500—6000 мм, точность резки стержней  $\pm 3$  мм, скорость подачи проволоки в зависимости от ее диаметра и класса арматурной стали 60—120 м/мин, габаритные размеры станка: 14570×1750×1400 мм, масса 3800 кг.

Разработано также устройство для подачи арматурной проволоки из бухт, ее правки, резки на стержни мерной длины и подачи их под электроды многоточечных сварочных машин при изготовлении широких арматурных сеток. Оно состоит из бухтодержателя, барабана с отключающимися правильными элементами, механизмов роликовой подачи проволоки и ее резки, механизма подачи поперечных стержней в зону сварки.

Устройство оснащено электромеханическими приводами, обеспечивающими правку и циклическую подачу поперечных стержней под электроды многоточечных сварочных машин типа АТМС-14×75 и МТМС-10×35 в автоматическом режиме.

Техническая характеристика устройства, используемого со сварочной машиной МТМС-10×35: потребляемая мощность 6 кВт; давление сжатого воздуха 372,4—617,4 кПа; расход сжатого воздуха на 100 циклов — 95 м<sup>3</sup>; диаметр проволоки 3—6 мм; скорость подачи проволоки 1,1 м/с; длина стержней до 2000 мм; габаритные размеры 3500×700×1360 мм; масса 620 кг.

Полуавтомат П-614 предназначен для изготовления замкнутых монтажных петель серии 3-400-7 из мерных стержней арматурной стали классов А-I и А-II. Он состоит из сварной станины, механизма гибки, бункера с устройством поштучного отделения заготовок, механизма подачи их в рабочую зону, ресивера и пульта управления. Полуавтомат используется совместно с точечной сварочной машиной МТ-2517, предназначенной для контактной сварки пересечения концов стержня в средней части петли.

Изготовление петель на полуавтомате заключается в пооперационной гибке предварительно заготовленных стержней с использованием пневматических приводов, осуществляющих формообразование петли и ее сброс.

Производительность полуавтомата (при диаметре стержня 14 мм) составляет 240 петель за 1 ч, давление сжатого воздуха 372,4—617,4 кПа, расход сжатого воздуха 8,2 м<sup>3</sup>/ч, диаметр стержней 6—14 мм, длина стержней 550—750 мм, габаритные размеры 1840×1100×1550 мм, масса 1600 кг.

Автомат АКС-500 предназначен для одновременной заготовки четырех коротких арматурных стержней классов А-I, В-I, используемых в качестве распределительной арматуры. Он состоит из бухтодержателей, правильно-подающего механизма, механизма резки стержней, направляющих сброса мерных стержней, системы электропневмоавтоматики и пульта управления, пневматического привода.

Производительность автомата (при максимальной длине стержней 500 мм) 7200 шт/ч, давление сжатого воздуха 372,4—617,4 кПа, расход сжатого воздуха 32,5 м<sup>3</sup>/ч, длина и диаметр стержней соответственно 50—500 и 3—6 мм, габаритные размеры 2585×835×1130 мм, масса 1156 кг.

Автомат АКС-500 позволяет заготавливать и складировать стержни мерной длины без участия оператора.

Полуавтоматическая линия ПДС-6М предназначена для изготовления арматурных двухветвевых каркасов железобетонных изделий из мерных продольных и поперечных стержней бухтовой арматурной проволоки классов А-I, В-I. Она состоит из модернизированной сварочной машины МТ-1618, стоек раскладки продольных стержней с рольгангами, пакетиروщика каркасов, устройств подачи поперечной проволоки и каркаса, механизма резки проволоки, электромагнитного программного устройства, бухтодержателя и пульта управления.

Производительность линии (при шаге поперечных стержней 200 мм) достигает 5 пог. м/мин, потребляемая мощность не более 100 кВт, давление сжатого воздуха 372,4—617,4 кПа, расход сжатого воздуха 30 м<sup>3</sup>/ч, размеры каркасов: длина до 6500 мм, ширина 100—390 мм, диаметр стержней 3—6 мм (поперечных) и 8—22 мм (продольных), шаг поперечных стержней 40—300 мм, на одном каркасе число разноименных поперечных шагов достигает трех, габаритные размеры линии 14000×2160×2420 мм.

Конструкция линии ПДС-6М обеспечивает автоматическое изготовление арматурных каркасов. Единственной ручной операцией является начальное размещение концов продольных арматурных стержней под электродами сварочной машины.

Более подробные сведения можно получить в Чебоксарском филиале СКТБ «Стройиндустрия» Главстройконструкции Минстроя СССР по адресу: 428022, г. Чебоксары-22, Кабельный проезд.

## К сведению авторов

Направляемые в редакцию рукописи статей должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Рукописи представляются в **2 экземплярах** и сопровождаются необходимой документацией.

2. Содержание статьи излагается предельно кратко и ясно, с практическими рекомендациями и выводами. Объем рукописи не должен превышать **6 стандартных машинописных страниц, напечатанных через 2 интервала**, включая таблицы, выводы и список литературы. Формулы писать разборчиво, выделяя латинские и греческие буквы. Все имеющиеся по тексту формулы необходимо разборчиво и с указанной разметкой выписать (и пронумеровать в том же порядке, как они пронумерованы в тексте) на отдельном листе стандартного формата. Между отдельными формулами следует оставлять интервал в 4—5 строк. Иллюстрационный материал (3—4 рисунка, фото на глянцевой бумаге) также представляется в **2 экземплярах**. Графики и схемы должны быть четкими, не перегруженными излишними линиями, обозначениями, надписями и размерами. Все позиции на рисунке или схеме, кривые на графике следует нумеровать арабскими цифрами и выносить их в подрисуночные подписи (прилагаются на отдельном листе). На оборотной стороне рисунка (фото) необходимо проставить карандашом его порядковый номер и указать фамилию первого автора.

3. Таблицы должны быть компактными, по возможности упрощенными и не дублировать информацию, содержащуюся на графиках. Повторяющиеся элементы таблиц рекомендуется выносить в примечания или в текст статьи.

4. Ссылки на рисунки, таблицы и литературу следует приводить в тексте статьи. В конце статьи приводится список литературы (он должен быть ограничен 4—5 названиями) с полными выходными данными цитируемых источников.

5. Рукопись (в первоначальном виде и после авторской доработки по замечаниям рецензентов) должна быть обязательно подписана всеми авторами. При отправке рукописи в редакцию **необходимо указать фамилии, имена, отчества всех авторов (по паспортным данным), возраст, семейное положение, количество детей (для бухгалтерии), домашний адрес (с шестизначным индексом), место работы, должность, степень и звание, телефоны рабочий и домашний**.

6. Вместе с рукописью следует представлять в 2 экземплярах отпечатанный на машинке реферат объемом 3—4 предложения. В реферате следует указать ключевые слова статьи.

Напоминаем, что редакция переехала в другое помещение по адресу: Москва, Георгиевский пер., д. 1, строение 5, 3-й этаж. Адрес для писем (экспедиция): 101442, ГСП, Москва, К-6, Каляевская ул., 23а  
Телефоны 292-41-34, 292-62-05.