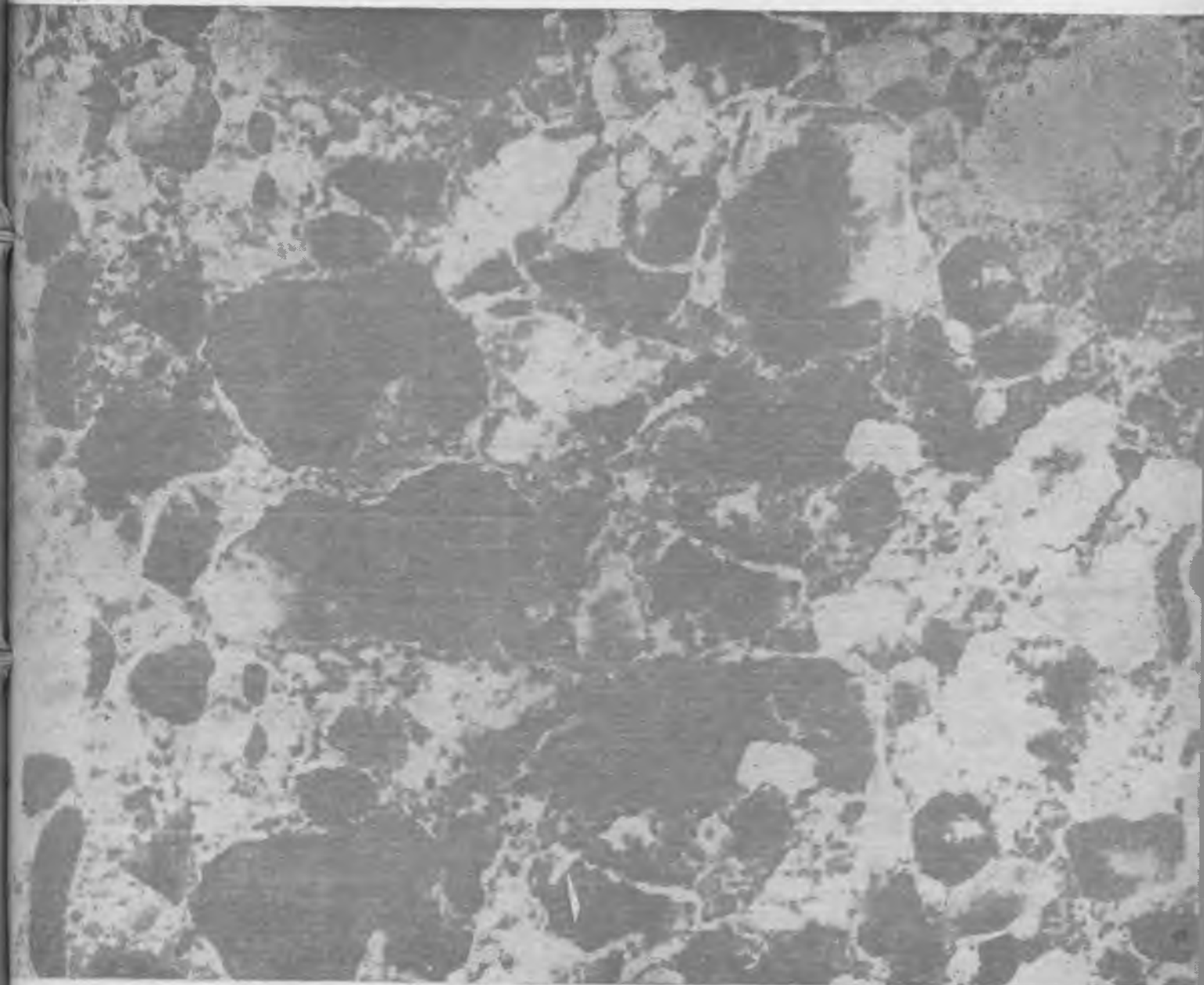


БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

8
1984



Дорогие товарищи!

*Поздравляем Вас с Днем строителя,
желаем больших успехов в выполнении
грандиозных задач в области капитального
строительства, поставленных XXVI съездом
нашей партии и последующими Пленумами ЦК КПСС*

На ВДНХ СССР

Дома на безростверковых свайных основаниях

В крупнопанельном домостроении при довольно высокой степени механизации и сборности строительства зданий значительные затраты труда приходятся на устройство монолитных железобетонных фундаментов.

Используя опыт строительства Минстроя ЛатССР, Главалтайстроя, трест Спецстрой Главновосибирскстроя своими силами разработал техническую документацию и внедрил в производство свайные фундаменты в сборном исполнении на железобетонных оголовках марки ОС-1 и ОС-2, которые изготавливает трест «Железобетон» главка.

Применение безростверковых свайных оснований в крупнопанельном домостроении позволяет улучшить технологию монтажа, сократить затраты труда и продолжительность строительства, снизить стоимость строительных работ.

Основными особенностями безростверковых свайных оснований являются расположение свай под несущими поперечными стенами в один ряд, исключение из конструкций подполья внутренних несущих стен и выведение голов свай с монтируемыми оголовками непосредственно под панели перекрытий первого этажа (высокий ростверк), отсутствие каких-либо ростверковых конструкций и осуществление передачи нагрузок от здания через панели первого этажа непосредственно на оголовки свай.

Испытаниями установлено, что одинарный оголовок ОС-1 может нести нагрузку 70 тс, сдвоенный оголовок ОС-2 выдерживает нагрузку 25 тс, если она передается на середину его пролета. В настоящее время ведутся работы по увеличению допустимой нагрузки на сдвоенный оголовок до 40 тс.

Сопряжение оголовков со сваями производится путем омоноличивания оголовка бетоном марки М200 с заполнителем мелкой

фракции (10—20 мм). Высота заводки свай в оголовки 20 ± 5 см. При достаточной точности забивки свай под отметку допускается заделка их в оголовки без срубок.

При монтаже оголовков отпадает необходимость в установке тяжелого крана, так как масса оголовка ОС-1 равна 0,23 т, а ОС-2 — 0,69 т. При производстве работ используют самоходный кран К-161 с длиной стрелы 20 м, обеспечивающий монтаж оголовков только с одной стороны котлована. При наличии крана К-162 оголовки можно монтировать с обеих сторон котлована.

По сравнению с монолитным вариантом трудозатраты на устройство сборных ростверков сокращаются в 1,9 раза, срок возведения ростверка «нуля» снижается в 1,6 раза. Отпала необходимость в устройстве опалубки, обноски, так как разметка осей при проектной забивке свай производится непосредственно на оголовках. Улучшилось качество работ, значительно повысилась культура производства, и, что особенно важно для условий Сибири, в 2,7 раза сократился объем применения монолитного бетона, требующего электропрогрева в зимний период. На один 144-квартирный дом серии 1-464Д экономия арматуры составила 4,4 т, бетона марки М200 — 93 м³, пиломатериалов — 21 м³.

За два года одинадцатой пятилетки в Новосибирске на безростверковых основаниях построено 353 тыс. м² жилья, экономический эффект составил 65,8 тыс. р., трудозатраты снижены на 3531 чел.-день. Экономлено 229 т металла, 4222 м³ бетона, 953 м³ пиломатериалов.

За консультациями обращаться по адресу: 630076, Новосибирск, пр. Димитрова, 17, трест Спецстрой.

Вологодская областная универсальная научная библиотека

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ИЗДАЕТСЯ с апреля 1955 г.

Содержание

Большие задачи строителей	2
Решения XXVI съезда КПСС — в жизнь!	
П-бетоны в промышленном и гражданском строительстве	3
<i>Патуров В. В.</i> Основные виды полимербетонов и перспективы их развития	4
<i>Чебаненко А. И.</i> Основы теории расчета армополимербетонных конструкций	5
<i>Давыдов С. С., Фанталов А. М.</i> Несущие конструкции из армополимербетона в промышленном строительстве	9
<i>Елишин И. М.</i> Полимербетоны в гидротехническом строительстве	11
<i>Отрепьев В. А., Шестеркина Н. Ф.</i> Кислотостойкие полимерсиликатные бетоны	14
<i>Соломатов В. И., Селяев В. П.</i> Химическое сопротивление бетонов	16
<i>Чоцшиев К. Ч.</i> Полимербетоны с использованием барханных песков для сухого и жаркого климата	18
Бетоны	
<i>Михайлов В. В., Литвер С. Л., Малинина Л. А., Панченко А. И.</i> Режимы тепловой обработки бетона на напрягающем цементе	21
<i>Дворкин Л. И., Кизима В. П., Дибров Г. Д.</i> Технологические особенности литых бетонных смесей с добавками полифункциональных модификаторов	22
<i>Острат Л. И., Орлова И. Г., Эскуссон К. К.</i> Повышение ударостойкости сланцезольного газобетона	24
<i>Израелян В. Р., Абуева З. А., Багдасарян Л. Б.</i> Выбор материалов для растворной составляющей легких бетонов	25
Арматура	
<i>Браун И. А., Мамонтов Ю. А.</i> Оценка эффективности периодического профиля арматуры	26
<i>Худик Ю. Т., Суриков И. Н., Ивченко А. В., Чайковский О. А., Филонов О. В.</i> Свариваемая термомеханически упрочненная арматурная сталь класса Ат-IVC	27
Заводское производство	
<i>Середа Н. Г., Тертяк А. П., Рамазанов Н. М., Ротарь И. Ф., Митник Г. С.</i> Формывагонетки с трехточечным опиранием	29
<i>Волконский Ю. В., Гирская Е. А.</i> Транспортирование бетонной смеси на заводах сборного железобетона	31
Строительное производство	
<i>Альтшуллер Е. М., Цирик Я. И.</i> О дальнейшем развитии и совершенствовании монолитного домостроения	32
<i>Санников И. В.</i> Особенности навесного монтажа сборных оболочек	35
В помощь проектировщику	
<i>Гуца Ю. П., Ларичева И. Ю.</i> Коэффициенты призмной прочности обычного тяжелого и мелкозернистого бетонов	37
<i>Застава М. М.</i> Расчетное определение деформаций ползучести тяжелого бетона при переменной нагрузке	38
Долговечность	
<i>Матвиенко В. А., Дрозд Г. Я., Коваленко Л. И., Затолокин Н. Е.</i> Коррозия цементного камня в очистных сооружениях	40
<i>Прокопович А. А., Филатов В. Б.</i> Оценка степени коррозии продольной арматуры ребристых плит	41
Использование промышленных отходов	
<i>Примачева Л. Г., Бугаева Т. Н., Батрак А. И., Ковальская Н. Н.</i> Пластификаторы на основе щелоков из сибирских пород древесины	42
В порядке обсуждения	
<i>Сизов В. П.</i> О физико-химическом факторе прочности бетона	44
Нам пишут	
<i>Самсонов В. Н.</i> Устройство для натяжения высокопрочной проволоки	46
Библиография	
<i>Шестоперов С. В.</i> Опыт, заслуживающий популяризации	46
Информация	
<i>Негинский Е. М.</i> Внедрение передового опыта в строительстве	47

8

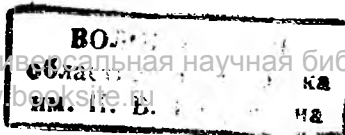
[353]

август 1984



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
МОСКВА

© Стройиздат, 1984



БОЛЬШИЕ ЗАДАЧИ СТРОИТЕЛЕЙ

В нынешних условиях строительство превратилось в крупную самостоятельную отрасль народного хозяйства, оснащенную передовой техникой и современной индустриальной базой. Дальнейшее развитие всей экономики страны во многом зависит от успешной работы строителей, поэтому вопросы капитального строительства постоянно находятся в центре внимания партии и государства.

В стране осуществляется большая программа капитального строительства и обновления основных фондов. За девятую, десятую и три года нынешней пятилетки построены и введены в действие более 3,2 тысяч промышленных предприятий, возведены жилые дома общей площадью свыше 1,3 млрд. м². За это время почти вдвое возрос объем выполняемых строительномонтажных работ.

Следуя указаниям партии и правительства, советские строители прилагают немало усилий для выполнения плановых заданий текущего года и одиннадцатой пятилетки в целом, разрабатывают меры по устранению еще имеющихся недостатков в отрасли.

Ярким проявлением заботы партии и правительства об улучшении дел в капитальном строительстве явилось постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об улучшении планирования, организации и управления капитальным строительством», в котором перед строителями поставлены новые большие задачи.

Это постановление, направленное на устранение недостатков в капитальном строительстве в свете решений XXVI съезда партии и последующих Пленумов ЦК КПСС, нашло горячий отклик у строителей, вызвало большой политический и трудовой подъем. Установленные постановлением задания обсуждены во всех строительных министерствах и ведомствах, на собраниях трудовых коллективов. На всех уровнях разработаны и утверждены мероприятия по обеспечению своевременного и качественного выполнения задач, определенных этим важным постановлением.

В постановлении отмечено, что за последние годы имеет место невыполнение планов ввода в действие производственных мощностей, медленно устраняются недостатки в планировании, проектно-сметном деле, организации строительного производства. Министерства-заказчики и подрядчики ослабили ответственность за выполнение заданий по вводу в действие мощностей и объектов, капитальные вложения используются недостаточно эффективно. Медленно растут объемы работ по реконструкции и техническому перевооружению действующих предприятий, допускается распыление сил и средств по многочисленным стройкам, вследствие чего остаются большими объемы незавершенного строительства, слабо внедряются принципы хозяйственного расчета, допускаются случаи некачественного выполнения работ. Эти и другие недостатки вызвали снижение темпов роста производительности труда в строительстве, невыполнение плана подрядных работ многими строительными министерствами.

Постановлением определен комплекс мер по повышению обоснованности и улучшению практики разработки пятилетних планов капитального строительства. Госплану СССР, министерствам и ведомствам СССР и советам министров союзных республик предложено направлять капитальные вложения прежде всего на осуществление тех мероприятий, которые обеспечивают внедрение в народное хозяйство новейших научно-тех-

нических достижений. Чтобы предприятия и объекты возводились в соответствии с нормами продолжительности строительства, необходимо обеспечить сбалансированность лимитов капитальных вложений и строительномонтажных работ с финансовыми и материальными ресурсами, а также с мощностями подрядных организаций.

В постановлении подчеркнуто, что основой политики в области прироста производственных мощностей на ближайшие годы и перспективу должны являться реконструкция и техническое перевооружение действующих предприятий на базе внедрения новых высокоэффективных технологических процессов и оборудования. Отражены принципиальные положения по дальнейшему улучшению проектно-сметного дела. Начиная с 1985 г. признано целесообразным разрабатывать технико-экономические обоснования строительства крупных и сложных предприятий, а при необходимости и других объектов, определяемых Госпланом СССР и Госстроем СССР при составлении проектов планов. Установлено, что расчетная стоимость строительства, согласованная с подрядной организацией и предусмотренная в ТЭО, должна являться лимитом на весь период проектирования и строительства объектов.

Необходимо повысить качество проектной документации, используя при этом научно-технические достижения, а также передовой отечественный и зарубежный опыт, упорядочить сеть проектных организаций с закреплением кадров специалистов и обеспечением их заинтересованности в повышении качества проектирования и конечных результатов.

Постановлением установлены задания строительным министерствам по устранению многоступенчатости в управлении строительством и переходу на двух- и трехзвенную систему управления. Будут разработаны и утверждены генеральные схемы, поскольку признано целесообразным, чтобы на территории республики, края, области строительство осуществлялось, как правило, подрядными организациями одного общестроительного министерства. При этом на главные территориальные управления общестроительных министерств должны быть возложены функции головных органов управления строительством, осуществляющих координацию развития мощностей строительных организаций и их производственных баз в районе деятельности.

В последние годы сложилось положение, при котором многие строительномонтажные тресты — генеральные подрядчики снизили ответственность за обеспечение ввода в действие в установленные сроки возводимых объектов. Постановлением установлено, что основным хозяйственным звеном управления строительным производством является строительномонтажный трест. Его руководители должны нести ответственность за своевременный ввод в действие производственных мощностей и объектов, за выполнение строительномонтажных работ по всем установленным плановым показателям.

Многочисленная армия советских строителей, работников промышленности строительных материалов с большим воодушевлением восприняла постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР. Многие трудовые коллективы рапортуют о досрочном выполнении производственных заданий, принятых социалистических обязательств. К своему профессиональному празднику — Дню строителя работники этой важнейшей отрасли народного хозяйства идут с твердой уверенностью, что поставленные партией и правительством задачи в области капитального строительства будут успешно выполнены.

УДК 691.327:541.6

П-бетоны в промышленном и гражданском строительстве

Решениями XXVI съезда партии, последующих Пленумов ЦК КПСС, постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по ускорению научно-технического прогресса в народном хозяйстве» определены основные направления развития строительной индустрии по снижению материалоемкости, энергоёмкости, трудозатрат и повышению долговечности строительных конструкций. В решении этих важнейших задач большая роль отводится бетону и железобетону, стоимость которых в капитальном строительстве составляет около 25%.

Однако известно, что на предприятиях цветной и черной металлургии, химической, нефтехимической и многих других отраслей промышленности срок службы железобетонных строительных конструкций в ряде случаев составляет менее пяти лет. Различные способы химической защиты таких конструкций многодельны, трудоемки и недостаточно надежны.

Одним из эффективных способов значительного увеличения долговечности строительных конструкций на промышленных предприятиях с высоким агрессивным воздействием различных технологических сред является рациональное применение полимербетонов.

По разработанной в НИИЖБ классификации различают следующие их основные группы:

- полимербетоны на различных полимерных связующих;
- полимерсиликатные бетоны (бетоны на основе жидкого стекла с добавками полимеров);
- бетонополимеры (бетоны, пропитанные различными мономерами или олигомерами);
- полимерцементные бетоны (цементные бетоны с добавками полимеров);
- серые бетоны и бетоны, пропитанные серой.

Полимербетоны и высокопрочные полимерсиликатные бетоны обладают высокой прочностью (80—120 МПа и более), химической стойкостью к большинству высокоагрессивных сред, не требуют дополнительной химической защиты, менее трудоемки и энергоёмки.

Полимербетоны относятся к числу материалов, получение которых связано с наиболее рациональным и эффективным использованием пока еще дорогих и дефицитных полимеров. Они содержат в своем составе 5—10% полимерного связующего, а остальную часть составляют минеральные наполнители и заполнители. К этому необходимо добавить, что в последнее время разработаны составы полимербетонов, обладающих высокими диэлектрическими и электропроводящими характеристиками, стойких к различным излучениям и имеющих хороший декоративный вид.

По многим показателям полимерсиликатные бетоны не уступают полимербетонам и имеют по сравнению с ними меньшую стоимость. Поэтому эти два вида бетонов нашли наибольшее применение в строительной практике.

Уже накоплен значительный опыт использования полимербетонов в качестве химически стойких конструкций, электролизованных и травильных ванн, декоративно-отделочных плит и др. Для изготовления полимербетонных изделий и конструкций построено более 10 цехов и заводов, в том числе два цеха в Краснодарском крае, в Усть-Каменогорске, Ашхабаде и Таллине.

На основании комплексных исследований и результатов опытно-промышленного внедрения институтами Гипроцветмет, Госхимпроект, Проектхимзащита совместно с НИИЖБ, МИИТ и др. разработаны альбомы рабочих чертежей изделий и конструкций из полимербетонов и полимерсиликатных бетонов. Ряд типовых конструкций утвержден Минцветметом СССР и согласован с Госстроем СССР.

Впервые в мировой практике разработаны нормативные документы: «Инструкция по проектированию и изготовлению баковой аппаратуры из армополимербетонов» (ВСН 01-78, МЦМ СССР, 1979 г.), «Инструкция по технологии приготовления полимербетонов и изделий из них» (СН 525-80, 1981 г.), ГОСТ 25246—82 «Бетоны химически стойкие. Технические условия», ГОСТ 25881—83

«Бетоны химически стойкие. Методы испытаний» и др.

Весьма перспективны серобетоны и бетоны, пропитанные серой. Этим материалам необходимо уделять большее внимание. Серобетоны получают по асфальтовой технологии, заменяя битум технической серой. Они обладают сравнительно высокой прочностью (до 50 МПа) и высокой химической стойкостью к ряду агрессивных сред. Сера значительно дешевле полимеров (60—65 р/т), поэтому серные бетоны также дешевле полимербетонов, и, хотя они имеют более низкую прочность, области применения их достаточно широки.

Бетоны, пропитанные серой, имеют прочность на сжатие до 100 МПа и по ряду других показателей не уступают бетонам, пропитанным различными мономерами. При этом технология пропитки бетонов серой проще пропитки мономерами.

Опытно-промышленное внедрение бетонов, пропитанных серой, во Львове (тротуарные плиты, элементы силосных башен) и в Тбилиси (виноградные стойки и решетки для животноводческих комплексов) показало их высокую эффективность.

В зарубежных странах (ФРГ, США, Японии и др.) полимербетонам уделяется большое внимание. Наиболее эффективно их применяют при производстве химически стойких труб, в электротехнической, станко- и машиностроительной промышленности. Например, в Японии ежегодное производство полимербетонных труб составляет 60 тыс. т. Швейцарская фирма «Штудер» начала серийно выпускать полимербетонные станины высокоточных станков, в США ряд фирм выпускают полимербетонные трубы, электроизоляторы и др.

В настоящем номере журнала представлены статьи ведущих специалистов в области применения бетонов с полимерными добавками. В статьях более подробно освещены вопросы теории подбора оптимальных составов, методы расчета, проектирования и промышленного внедрения таких бетонов в различных отраслях строительства.

Основные виды полимербетонов и перспективы их развития

Полимербетоны представляют собой новый класс эффективных материалов, в которых содержание минеральных наполнителей и заполнителей доходит до 90—95% (по массе). Именно поэтому эти материалы стоят вне конкуренции по сравнению с другими полимерными композициями, где расход пока еще дорогих и дефицитных мономеров или олигомеров, используемых в качестве связующего, составляет 5—10% общей массы полимербетонов. Высокая степень наполнения позволяет резко снизить усадку, довести ее до величин, сопоставимых с усадкой цементных бетонов, и одновременно повысить модуль упругости, что обеспечивает возможность применения таких бетонов в несущих и весьма ответственных конструкциях.

Комплексные экспериментально-теоретические исследования позволили разработать теорию структурообразования полимербетонов, научно обоснованный метод проектирования составов и выявить основные характеристики, определяющие их структурную прочность. При этом исходили из того, что основные свойства полимербетонов определяются как видом полимерного связующего, типами наполнителей и заполнителей, так и их гранулометрическим составом. Теоретические основы подбора составов полимербетонов рассматриваются исходя из условий достижения материалом наибольшей плотности и прочности, а также минимально допустимого расхода полимерного связующего. Проектирование состава таких бетонов можно представить в виде ряда последовательных этапов [1].

Экспериментально установлено, что удельная поверхность крупных фракций заполнителей по отношению к удельной поверхности мелкодисперсных фракций наполнителей составляет примерно 1—2%. Поэтому образование структуры должно осуществляться в две стадии. Вначале фракция мелкодисперсного наполнителя смешивается с мономером или олигомером и образуется клеящая мастика. Равномерно заполняя межзерновое пространство и обволакивая зерна заполнителей, она склеивает их в монолитную структуру полимерраствора или полимербетона. Таким образом, различают три основные структуры: микроструктуру клеящей мастики, мезоструктуру полимерраствора и макроструктуру системы в целом.

Предложенная нами структурная модель полимербетона получила признание ведущих специалистов, в том числе и ряда зарубежных. Она позволяет изучать основные свойства и закономерности их изменения на более простых системах — мастиках, а затем уточнять их на более сложных системах — полимеррастворах или полимербетонах.

Исследования изменения основных физико-механических характеристик клеящих мастик в зависимости от степени наполнения полимерной матрицы показали, что они подчиняются правилу экстремальных значений. Экспериментальные значения этих характеристик распределяются в довольно узкой области, отвечающей «предельной полимеремкости» каждого вида наполнителей.

При исследовании морфологии надмолекулярных структур таких систем с помощью электронного микроскопа были выявлены закономерности развития надмолекулярных образований на границе раздела твердой и жидкой фаз и в объеме полимера. Полученные данные позволили автору сформулировать следующие реально существующие физико-химические закономерности структурообразования полимербетонов.

По мере увеличения степени наполнения возрастает роль поверхностных явлений на границе раздела фаз, так как все большая часть полимера переходит в межфазный поверхностный слой. Упрочняющее действие поверхностного слоя имеет предел («предельную полимеремкость»), когда все связующее или подавляющая его часть переходит в структурированное состояние.

С увеличением степени наполнения до предельной полимеремкости наблюдаются уменьшение размеров глобулярных структур и переход их в фибриллярные структуры, что вызывает повышение прочности и модуля упругости.

В оптимальных системах глобулярные и фибриллярные надмолекулярные образования являются преобладающими, их размеры и степень упорядоченности существенно влияют на физико-механические свойства клеящих мастик.

В зависимости от количества наполнителя характер изменения свойств клеящих мастик имеет общие закономерности и подчиняется правилу экстремальных значений.

Для каждого вида мономера или олигомера и минерального наполнителя су-

ществует определенная степень наполнения, обеспечивающая наиболее высокие характеристики данной системы.

Полученные экспериментально-теоретические закономерности позволили разработать научно обоснованный и сравнительно простой метод расчета оптимальных составов различных видов полимербетонов:

$$G_{\text{пб}} = [K (S_1 m_1 + S_2 m_2 + S_3 m_3 + \dots + S_n m_n) \rho_{\text{св}} \delta \eta_{\text{уел}}] 10^{-3}, \quad (1)$$

где $G_{\text{пб}}$ — оптимальное количество связующего полимербетона принятого состава, кг; $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ — удельная поверхность заполнителей различных фракций, $\text{см}^2/\text{кг}$; $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ — масса заполнителей различных фракций, кг; $\rho_{\text{св}}$ — плотность связующего, $\text{кг}/\text{дм}^3$; δ — толщина пленки связующего, см; $\eta_{\text{уел}}$ — условная вязкость; K — коэффициент, учитывающий раздвижку зерен наполнителей мастикой.

Было установлено, что структурная прочность полимербетонов непосредственно зависит от сравнительно небольшого количества составляющих и в общем виде может быть описана выражением

$$R_{\text{пб}} = f(G, A, S, P, \theta), \quad (2)$$

где G — отношение полимера к наполнителю; A — адгезия полимера к наполнителю; S — дисперсность наполнителя; θ — характеристика смачиваемой способности олигомера; P — пористость клеящей мастики.

Однако выразить такую общую зависимость математическими выражениями, пригодными для практического расчета, довольно трудно.

Исходя из физико-химических основ структурообразования полимербетонов и разработанного метода подбора оптимальных составов сравнительно легко получить математическую зависимость, пригодную для расчета структурной прочности полимербетона:

$$R_{\text{пб}} = (A_{\text{св}} + K_1 R_{\text{зап}}) - (K_2 \sigma + R_{\text{п}}), \quad (3)$$

где $A_{\text{св}}$ — адгезия связующего к наполнителю; $R_{\text{зап}}$ — прочность заполнителя; σ — усадочные напряжения в полимербетоне; $R_{\text{п}}$ — потеря прочности в зависимости от пористости; K_1, K_2 — коэффициенты.

В формуле (3) прочность заполнителя ($R_{\text{зап}}$), величины адгезии ($A_{\text{св}}$) и внутренних напряжений (σ) получают экспериментальным путем, а потеря прочности от пористости ($R_{\text{п}}$) и коэффициенты K_1 и K_2 определены статистической обработкой большого количества испытаний различного вида полимербетонов.

Разработанная теория структурообразования и проектирования оптимальных

А. И. ЧЕБАНЕНКО,
д-р техн. наук, проф. (МИИТ)

Основы теории расчета армополимербетонных конструкций

Все численные методы представляют объект расчета, составленный из конечных элементов. Самыми простыми являются конечные элементы, подверженные осевому сжатию и растяжению. Для них нетрудно с требуемой обеспеченностью установить и обосновать феноменологические характеристики как результат взаимодействия и взаимосвязи между разнообразными внешними воздействиями и внутренними факторами, обуславливающие реакцию структуры (макроструктуры) композита. Анализ обширных экспериментально-теоретических исследований по конструкционным полимербетонам и армополимербетонам дал возможность представлять модель реакции матрицы структуры сжатых и растянутых конечных элементов на внешние воздействия в виде диаграммы (рис. 1). В параметрической теории ползучести они называются объемлющими или структурными [1—3]. Полученные для каждого регламентированного состава конструкционного полимербетона, они всесторонне оценивают механические и реологические свойства материала. Главными характеристиками структурной диаграммы для сжатого конечного элемента являются: R_k и $R_d = j_d R_k$ — кратковременное (время $t \rightarrow 0$) и длительное ($t \rightarrow \infty$) сопротивление сжатию полимербетона; j_d — силовой параметр (предельно минимальное его значение равно R_d/R_k); $E_0 = R_k/\epsilon_k$ — начальный модуль упругости полимербетона; ϵ_k — максимальная величина упругой деформации; $\epsilon_d = \epsilon_k \nu_d$ — предельно максимальное укорочение полимербетона (предельная сжимаемость); ν_d — деформационный параметр (предельно минимальное его значение равно ϵ_d/ϵ_k).

Эти опытные характеристики определяют координаты краевых точек k и d структурной диаграммы (см. рис. 1). Для установления контурных кривых od_1d и ob_1b допредельной области и кривой kd предельных деформаций необходимо установить дополнительные феноменологические характеристики сжатого конечного элемента: параметриче-

Полимербетоны на смолах

Физико-механические свойства	Полимербетоны на смолах				
	карбамидных	фурановых	полиэфирных	на мономере ММА	фураново-эпоксидных
Объемная масса, кг/м ³	2200—2400	2200—2400	2200—2400	2200—2400	2200—2400
Прочность МПа:					
при сжатии	50—70	70—90	80—120	70—90	90—110
при растяжении	3—4	5—8	7—10	10—13	9—11
Модуль упругости Ю ² , МПа	10—14	20—32	28—36	10—15	32—38
Термостойкость по Мартенсу, °С	100—120	120—140	80	60	120
Морозостойкость, циклы, не ниже	200	300	300	500	500
Коэффициент термического расширения, 1/°С	(14—16) 10 ⁻⁶	(12—15) 10 ⁻⁶	(14—20) 10 ⁻⁶	(12—16) 10 ⁻⁶	(10—14) 10 ⁻⁶
Линейная усадка, %	0,2—0,22	0,1	0,2—0,25	0,15—0,2	0,05—0,08
Истираемость, г/см ²	0,02—0,03	0,018—0,21	0,015—0,025	—	0,005—0,01
Водопоглощение за 24 ч, %	0,1—0,3	0,05—0,5	0,05—0,1	0,01	0,01

составов, реологические характеристики, методы определения и способы снижения внутренних напряжений позволили разработать более 20 видов полимербетонов, различающихся по виду полимерного связующего и объемной массе. В их числе полимербетоны на основе фурановых, эпоксидных, фураново-эпоксидных, полиэфирных, феноло- и ацетоноформальдегидных, карбамидных олигомеров, мономера ММА и др. объемной массой от 300—500 до 3500 кг/м³.

Основные характеристики наиболее распространенных видов полимербетонов приведены в таблице.

Разработаны составы тяжелых полимербетонов объемной массой 2200—2400 кг/м³, имеющих предел прочности на сжатие: на основе фенолоформальдегидных смол — 40—60 МПа, карбамидных — 50—70, полиэфирных — 80—120 и фураново-эпоксидных — до 160 МПа. Исследования показывают, что приведенные данные не являются пределом и в ближайшее время можно ожидать увеличения этих характеристик. Следует напомнить также о сравнительной простоте изготовления полимербетонных изделий и конструкций.

Высокая плотность, прочность, водо- и морозостойкость, химическая стойкость и другие положительные характеристики полимербетонов позволяют им конкурировать не только с цементными бетонами, но в ряде случаев с черными и цветными металлами, асбестоцементом, стеклом, фарфором, горными породами и другими материалами. Перечисленные свойства и определяют основные области применения полимербетонов в строительстве и других отраслях промышленности.

В настоящее время во многих технически развитых странах полимербетоны достаточно широко используют для наружной и внутренней отделки жилых и административных зданий, труб и элементов водоприемников, футеровки подземных туннелей и малых форм в садоводстве, в электротехнической промышленности, станкостроении и др.

В Советском Союзе полимербетоны в основном используются в качестве химически стойких конструкций промышленных зданий и сооружений, в том числе при устройстве защиты ирригационных плотин и шахтных стволов калийных рудников, изготовлении травильных ванн для черной металлургии и электролизных ванн для цветной, различной баковой аппаратуры, труб и коллекторных колец, плит для химически стойких полов и др. Из полимербетона изготовлены опытно-промышленные образцы измерительных плит и базовых деталей станков.

Исследования и промышленное внедрение полимербетонных изделий и конструкций позволили впервые в мировой практике разработать отраслевые и союзного значения нормативные документы, в том числе инструкции по технологии приготовления, по расчету армополимербетонных конструкций, два ГОСТа, документацию по технологии серийного и поточного производства. На базе этих разработок Гипроцветмет и другие проектные организации разработали проекты специализированных цехов и заводов по выпуску полимербетонных изделий и конструкций.

В настоящее время в различных регионах страны построено более 10 цехов и заводов, четыре высокомеханизированных цеха находятся в стадии проектирования и строительства.

Общий объем внедрения полимербетонных конструкций в 1981—1983 гг. составил более 20 тыс. м³, реальный экономический эффект — 200—500 руб/м³.

Далеко не полный обзор применения полимербетонов показывает, что эти прогрессивные материалы прочно заняли свое место в строительной индустрии, а номенклатура и области их применения непрерывно расширяются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патуроев В. В. Технология полимербетонов. М.: Стройиздат, 1977.

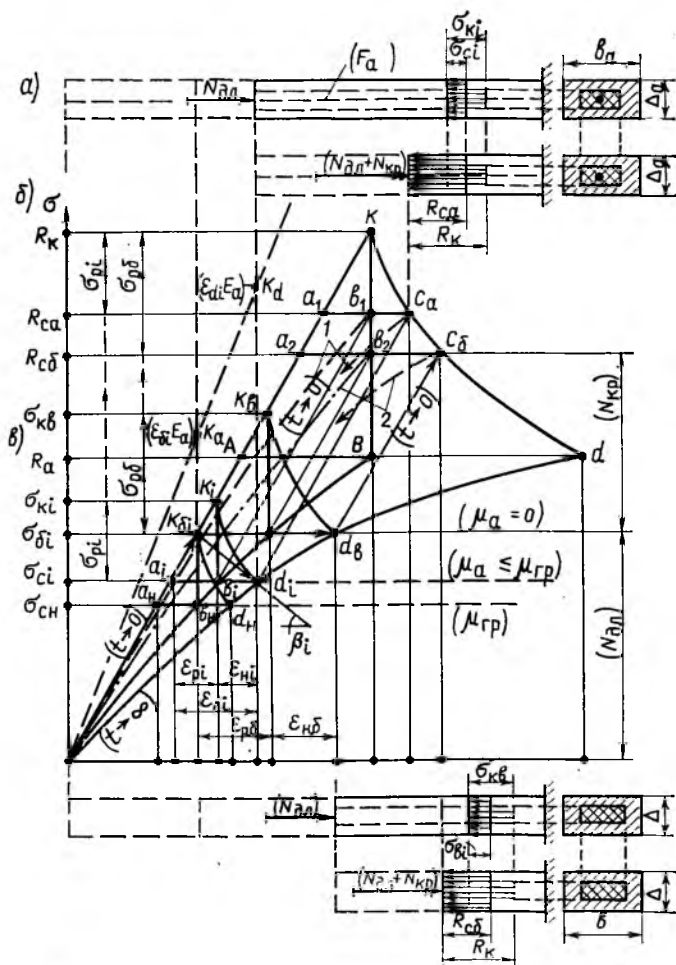


Рис. 1. Осевое сжатие конечного элемента

a — напряженно-деформированное состояние армированного элемента от $N_{дл}$; *б* — то же, от полной нагрузки; *в* — объемлющая (структурная) диаграмма; *г* — напряженно-деформированное состояние неармированного элемента от $N_{дл}$; *д* — то же, от полного усилия

ский показатель α , определяемый по формуле

$$\alpha = \frac{\ln j_d}{\ln \nu_d}; \quad (1)$$

показатель ν_d и модуль c_d наследуемой упругости материала, устанавливаемые по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \nu_d &= \frac{1 - j_d}{1 - j_d^*} \\ c_d &= \frac{1 - j_d}{\epsilon_k \nu_d} R_k \end{aligned} \right\} (2)$$

где j_d^* — параметр аффинного подобия характерных точек кривых $ob; b, od; d$ и kd по силовому признаку, определяемый из выражения

$$j_d^* = \left[\frac{\nu_d - \omega_d}{(1 - \nu_d) \alpha} \right]^{\frac{\alpha}{\alpha+1}}, \quad (3)$$

где ω_d — интегральный параметр: $\omega_d = j_d \nu_d$.

Кривая kd разграничивает напряженно-деформированные состояния материала в допредельной и запредельной областях, т. е. фиксирует начало его разрушения. Математическая интерпретация этой кривой довольно проста [3].

Кривая $ob; b$ (см. рис. 1), фиксирую-

щая полные упругие деформации (с учетом деформаций упругого последдействия ϵ_{pi}), описывается формулой

$$\sigma_{ci} = \epsilon_{ki} E_0 - c_d (\epsilon_{ki})^{\nu_d} = \sigma_{ki} - c_d \times \left(\frac{\sigma_{ki}}{E_0} \right)^{\nu_d}. \quad (4)$$

Внутренний контур $okdo$ диаграммы можно снабдить неограниченным числом треугольных фигур $a_i k_i d_i b_i$, координаты вершин и размеры сторон которых полностью характеризуют допредельные равновесные напряженно-деформированные состояния сжатого конечного элемента, отвечающие продолжительным ($t \rightarrow \infty$) воздействиям внешних усилий $N_{дл}$. Эти фигуры называются реологическими, поскольку формирование их происходит лишь во времени, т. е. при наличии длительно действующих внешних усилий [1, 3].

Размеры и положение реологической фигуры внутри контура $okdo$ определяются исходным напряженно-деформированным состоянием, фиксируемым на наклонной ok и обусловленным величиной внешнего усилия $N_{дл}$, и степенью армирования конечного элемента.

Первый фактор целесообразно характеризовать грузовым коэффициентом

$$\mu_{дл} = \frac{N_{дл}}{N} = \frac{N_{дл}}{N_{дл} + N_{кр}}, \quad (5)$$

где N — полное внешне прикладываемое усилие к элементу конструкции: $N = N_{дл} + N_{кр}$; $N_{кр}$ — кратковременно ($t \rightarrow 0$) прикладываемая часть внешнего усилия, не вызывающая проявления материала его реологических свойств. При этом следует иметь в виду, что к длительно действующей части внешней нагрузки относится и усилие, создаваемое напрягаемой и ненапрягаемой арматурой.

Второй фактор характеризуется коэффициентом армирования μ_a конечного элемента, находящегося в интервале

$$\frac{1}{1 + \frac{E_a}{\alpha E_0 \omega_d}} \leq \mu_a = \frac{f_a}{f_{\Delta}} \leq \mu_{гр} = \frac{1}{1 + \frac{1 - \nu_d}{\nu_d - \omega_d} \frac{E_a}{E_0}}, \quad (6)$$

где $f_a = f_{\Delta} = b_a \Delta_a$ — площадь поперечного сечения арматурного стержня и сжатого конечного элемента (см. рис. 1).

Допустим, что некоторому фактическому значению усилия $N_{дл}$ соответствует начальное напряженно-деформированное состояние конечного элемента, характеризуемое координатами точки $k_{\sigma i} (\sigma_{\sigma i}, \epsilon_{\sigma i})$ (см. рис. 1). При отсутствии арматуры ($\mu_a = 0$) под длительным ($t \rightarrow \infty$) воздействием усилия $N_{дл} = \text{const}$ формируется реологическая фигура $k_{\sigma i} k_{\epsilon i} d_{\sigma i} b_{\sigma i}$, координаты вершин ($\sigma_{k_{\sigma i}}, \epsilon_{k_{\sigma i}}, \epsilon_{d_{\sigma i}}$) и размеры которой ($\sigma_{p, \sigma}, \epsilon_{p, \sigma}, \epsilon_{n, \sigma}$) оценивают равновесное напряженно-деформированное состояние сжатого конечного элемента (см. рис. 1).

При наличии упругодеформируемой арматуры в конечном элементе и при исходном напряженно-деформированном состоянии, характеризуемом координатами точки $k_{\sigma i}$ и точкой $k_{\epsilon i} (\sigma_{\epsilon i} = \epsilon_{\sigma i} E_a = n \sigma_{\sigma i})$, под воздействием неизменной величины усилия $N_{дл}$ формируется другая реологическая фигура $a_i k_{\sigma i} k_{\epsilon i} d_i b_i$. При этом появляется дополнительный компонент структуры конечного элемента, характеризуемый лучом $k_{\sigma i} d_i$ и его модулем $M_i = \text{tg } \beta_i$:

$$M_i = \frac{\mu_a}{1 - \mu_a} E_a. \quad (7)$$

С повышением коэффициента армирования конечного элемента, в особенности при превышении μ_a своего граничного значения (6), релаксация деформаций и напряжений превалирует над процессом нарастания наследуемых факторов, обусловленных природой простой ползучести материала. При некотором значении $\mu_{гр}$ происходит совпадение луча $k_{\sigma i} d_i$ с кривой $k_{\sigma i} d_{iH}$ [5]. В этом случае не отмечается увеличения структурных напряжений, а лишь их снижение (релаксация), и при том же исходном напряженно-де-

формированном состоянии ($\sigma_{6i}, \epsilon_{6i}$), отвечающем приложению того же усилия $N_{дл}$, равновесное состояние будет характеризоваться реологической фигурой $a_n k_{6i} d_n b_n$ (см. рис. 1). Таким образом, заданному или назначенному значению грузового коэффициента (5) соответствует определенная зона $a_n k_{6i} d_n b_n$, в пределах которой формируются реологические фигуры для армированных и неармированных конечных элементов.

При догрузении конструкции кратковременной частью $N_{кр}$ полной нагрузки N конечные элементы, расположенные в наиболее напряженных зонах (гранях) сечения, могут оказаться в предельных состояниях ее, характеризоваться новыми координатами реологических фигур $a_2 k_{6i} b_2$ ($R_k, R_{c.6}, \epsilon_{c.6}$; элементы без арматуры) и $a_1 k_{c.a} b_1$ ($R_k, R_{c.a}, \epsilon_{c.a}$; армированные элементы). Размеры этих фигур будут полностью соответствовать фигурам $k_{6i} d_n b_n$ ($\mu_a = 0$) и $a_i k_{6i} d_i b_i$ (μ_a), сформировавшимся под влиянием длительно действующего усилия $N_{дл}$, которые при последующем приложении усилия $N_{кр}$ ($t \rightarrow 0$) переносятся без каких-либо изменений накопленных факторов в новые предельные напряженно-деформированные состояния.

Усилие в сжатом конечном элементе без арматуры, оказавшемся в предельном состоянии, характеризуется расчетным сопротивлением $R_{c.6}$, зависящим от грузового коэффициента $\eta_{дл}$ (5). Очевидно, что $\sigma_{6i} = \eta_{дл} R_{c.6}$, поэтому методом итерации легко установить значения σ_{6i} и $R_{c.6}$. Для этого необходимо соблюдение тождества

$$\sigma_{p.6} = R_k - R_{c.6} = \sigma_{кв} - \sigma_{6i} = c_d \times \left(\frac{\sigma_{кв}}{E_0} \right) \gamma_d. \quad (8)$$

Зная $R_{c.6}$, вычислим силовой параметр $j_{c.6} = R_{c.6}/R_k$, деформационный $\nu_{c.6} = j_{c.6}/\alpha$ и интегральный $\omega_{c.6} = j_{c.6} \nu_{c.6}$, необходимые для определения предельной величины деформации $\epsilon_{c.6} = \epsilon_k/\nu_{c.6} = R_{c.6}/E_0 \omega_{c.6}$. Если конечный элемент армированный, то в этих случаях необходимо выполнить следующие операции. Зная численные значения σ_{6i} и $\sigma_{кв} = \sigma_{6i} + R_k - R_{c.6}$, находим параметр ω_b (при фигуре $k_{6i} d_n b_n$):

$$\omega_b = \frac{\epsilon_{6i}}{\epsilon_{дв}} = \left(\frac{\sigma_{6i}}{\sigma_{кв}} \right)^{\frac{\alpha+1}{\alpha}}. \quad (9)$$

Далее определяем напряжение $\sigma_{c.н}$ (полагая $\mu_a = \mu_{гр}$, фигура $a_n k_{6i} d_n b_n$) по формуле

$$\sigma_{c.н} = \sigma_{6i} - c_d \left(\frac{\sigma_{6i}}{E_0} \right) \gamma_d. \quad (10)$$

Вычисляем параметры ν_n и ω_n по формулам:

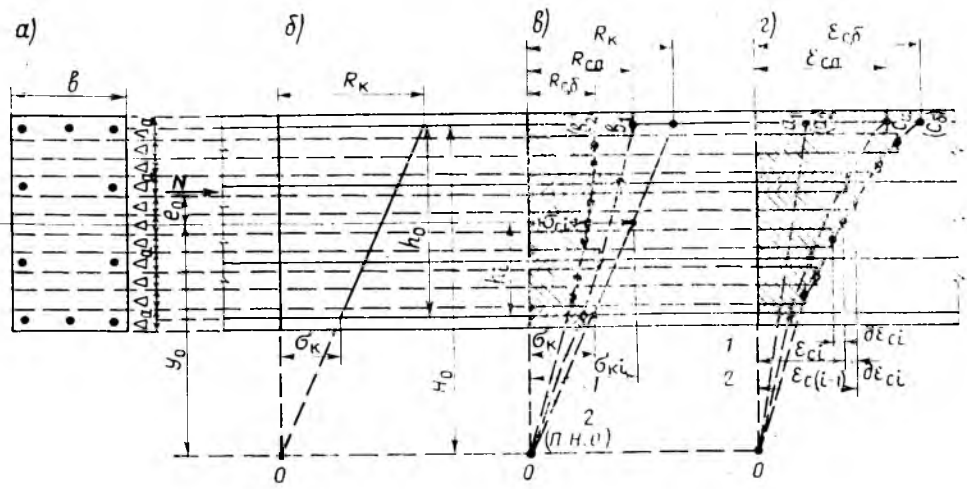


Рис. 2. К расчету висцентренно сжатого элемента конструкции

a — членение поперечного сечения на конечные элементы; b — схема в предположении упругой работы материала; a — эпюра внутренних усилий при заданном значении коэффициента $\eta_{дл} = \text{const}$; z — эпюра деформаций конечного элемента, соответствующая эпюре a

$$\left. \begin{aligned} \nu_n &= \frac{\epsilon_{6i}}{\epsilon_{дн}} = \left(\frac{\sigma_{c.н}}{\sigma_{6i}} \right)^{1/\alpha}; \\ \omega_n &= \nu_n^{\alpha+1}. \end{aligned} \right\} (11)$$

Зная $n = E_n/E_0$, коэффициент μ_a (6), параметры ω_n (9), ν_n и ω_n (11), найдем для армированного конечного элемента деформационный параметр, отвечающий реологической фигуре

$$\nu_{ci} = \frac{\epsilon_{6i}}{\epsilon_{дi}} = \frac{\omega_b (\nu_n - \omega_n) (1 - \mu_a) + n \mu_a (\nu_n - \omega_b)}{(\nu_n - \omega_n) (1 - \mu_a) + n \mu_a (\nu_n - \omega_b)}. \quad (12)$$

Соответствующее значение силового параметра j_{ci} при известной величине M_i (7) установим по формуле

$$j_{ci} = \frac{\sigma_{ci}}{\sigma_{6i}} = 1 - \frac{1 - \nu_{ci}}{\nu_{ci}} \frac{M_i}{E_0}. \quad (13)$$

Контролем выполненных операций расчета является соблюдение тождества

$$\frac{\nu_{ci} - \omega_{дi}}{1 - \nu_{ci}} E_0 = M_i = \frac{\mu_a}{1 - \mu_a} E_a, \quad (14)$$

где $\omega_{дi}$ — интегральный параметр реологической фигуры $a_i k_{6i} d_i b_i$: $\omega_{дi} = j_{ci} \nu_{ci}$. Зная $\omega_{дi}$, вычислим $j_{дi} = \sigma_{ci}/\sigma_{6i} = \omega_{дi}^{\alpha/(\alpha+1)}$ и окончательно напряжения σ_{ci} и σ_{ki} , отвечающие грузовому коэффициенту $\eta_{дл}$: $\sigma_{ci} = j_{дi} \sigma_{ki}$ и $\sigma_{ki} = \sigma_{ci}/j_{дi}$. Теперь легко установить искомые расчетные характеристики $R_{c.a}$ и $\epsilon_{c.a}$ для армированного конечного элемента по формулам:

$$\left. \begin{aligned} R_{c.a} &= R_k - (\sigma_{ki} - \sigma_{ci}); \\ \epsilon_{c.a} &= \frac{R_k}{E_0 \nu_{c.a}} = \frac{R_{c.a}}{E_0 \omega_{c.a}}, \end{aligned} \right\} (15)$$

где $\nu_{c.a}$, $\omega_{c.a}$ — деформационный и интегральные параметры при фигуре

$a_1 k_{c.a} b_1$, определяемые из выражений:

$$\nu_{c.a} = j_{c.a}^{\alpha/\alpha}, \quad \omega_{c.a} = j_{c.a} \nu_{c.a} = \nu_{c.a}^{\alpha+1} = \frac{\alpha+1}{j_{c.a}^{\alpha}}.$$

где $j_{c.a}$ — силовой параметр при той же реологической фигуре $a_1 k_{c.a} b_1$: $j_{c.a} = R_{c.a}/R_k$. Такой подход распространяется и на растянутые конечные элементы. Разумеется, что эти элементы имеют особенности, обусловленные, например, образованием и развитием трещин в бетоне, наличием преднапряжения. Рассмотрим алгоритм процесса расчета напряженно-деформированного состояния сжатого элемента конструкции, сечение которого показано на рис. 2.

Расчленим это сечение на полоски или конечные элементы, при этом толщина Δ неармированных элементов принята постоянной, а армированных Δ_a — из расчета, что коэффициент армирования всех их μ_a , установленный исходя из условия (6), должен быть одинаковым. Это значит, что величина модуля M_i (7) принята постоянной для всех конечных элементов с арматурой.

При фактическом значении коэффициента $\eta_{дл}$ (5) установим расчетные характеристики $R_{c.6}$, $\epsilon_{c.6}$, $R_{c.a}$, $\epsilon_{c.a}$ в соответствии с изложенной методикой.

Имея эти характеристики, определим показатели $\nu_{c.6}$, $\nu_{c.a}$ и модули $c_{c.6}$, $c_{c.a}$ наследуемой упругости по следующим формулам:

для неармированных элементов:

$$\left. \begin{aligned} \nu_{c.6} &= \frac{1 - \frac{R_{c.6}}{R_k}}{1 - j_{c.6}}; \\ c_{c.6} &= \frac{R_k - R_{c.6}}{\left(\frac{R_k}{E_0} \right) \nu_{c.6}}; \end{aligned} \right\} (16)$$

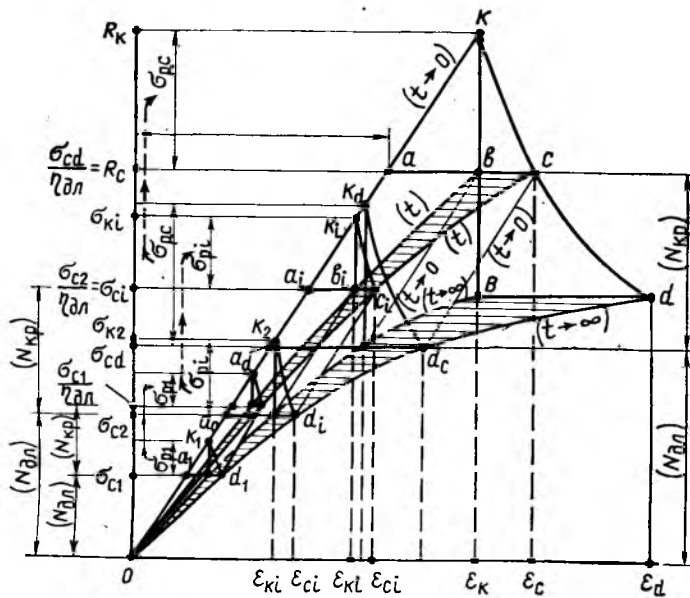


Рис. 3. Замена простых ступенчатых нагружений однотипных конечных элементов непрерывным (коммутативным) режимом нагружения, отвечающим заданному постоянному значению коэффициента $\eta_{дл}$

для армированных элементов:

$$\gamma_{c,a} = \frac{1 - \frac{R_{c,a}}{R_k}}{1 - j_{c,a}};$$

$$c_{c,a} = \left(\frac{R_k - R_{c,a}}{E_0} \right) \gamma_{c,a},$$

(17)

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{c,6i} &= \sigma_{ki} - c_{c,6} \left(\frac{\sigma_{ki}}{E_0} \right) \gamma_{c,6}; \\ \sigma_{c,ai} &= \sigma_{ki} - c_{c,a} \left(\frac{\sigma_{ki}}{E_0} \right) \gamma_{c,a}. \end{aligned} \right\} (18)$$

Эти формулы описывают обгибающие кривые $\sigma_{c,6i}$ и $\sigma_{c,ai}$ на рис. 2. Усилия в конечных элементах без арматуры ($N_{c,6i}$) и с арматурой ($N_{c,ai}$) определяют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} j_{c,6}^* &= \left[\frac{\gamma_{c,6} - \omega_{c,6}}{(1 - \gamma_{c,6}) \alpha} \right]^{\alpha+1}; \\ j_{c,a}^* &= \left[\frac{\gamma_{c,a} - \omega_{c,a}}{(1 - \gamma_{c,a}) \alpha} \right]^{\alpha+1}. \end{aligned} \right\} (19)$$

$$\left. \begin{aligned} N_{c,6i} &= \sigma_{c,6i} f \Delta i; \\ N_{c,ai} &= \sigma_{c,ai} f \Delta i \left[1 - \mu_a + \mu_a \times \right. \\ &\quad \left. \times \left(\frac{\sigma_{ki}}{\sigma_{c,ai}} \right)^{\frac{\alpha+1}{\alpha}} \right]. \end{aligned} \right\} (19)$$

Исходя из условия равновесия $\Sigma N_{c,6i} + \Sigma N_{c,ai} - N = 0$, методом итерации устанавливаем положение нейтральной оси (в рассматриваемом примере эта ось находится вне контура сечения; см. рис. 2).

Напряжение в i -м неармированном элементе $\sigma_{c,6i}$ и с арматурой $\sigma_{c,ai}$ определяют по формулам:

Напряжения σ_{ki} (структурные) уравнений (18) для конечных элементов вычисляют по формуле

$$\sigma_{ki} = \frac{H_0 - h_0 + h_i}{H_0} R_k, \quad (20)$$

где H_0 — расстояние от оси конечных элементов, расположенных у наиболее сжатой грани сечения и находящихся в предельном состоянии (см. рис. 2), до нейтральной оси: $H_0 = h_0 R_k / (R_k - \sigma_k)$.

В первом приближении (начало итерации) напряжение σ_k в конечных элементах, расположенных у менее напряженной грани сечения, определяют в предположении идеально упругой работы материала (см. рис. 1). В последующем процессе итерации взаимосвязанные величины σ_k и H_0 изменяют с таким расчетом, чтобы выполнялось условие равновесия. После этого вычисляют полные деформации каждого конечного элемента:

$$\epsilon_{c,6i} = \left(\frac{\sigma_{ki}}{\sigma_{c,6i}} \right)^{\frac{\alpha+1}{\alpha}} \frac{\sigma_{c,6i}}{E_0}; \quad (21)$$

для армированных

$$\epsilon_{c,ai} = \left(\frac{\sigma_{ki}}{\sigma_{c,ai}} \right)^{\frac{\alpha+1}{\alpha}} \frac{\sigma_{c,ai}}{E_0}. \quad (22)$$

Кривизна сечения $1/\rho = \Sigma \partial/\rho_i$ ($\partial/\rho_i = \partial \epsilon_{c,i}/\Delta i$) — градиент кривизны i -го конечного элемента. Зная кривизну, вычислим прогиб f , увеличивающий эксцентриситет приложения внешнего усилия N . Проверяем выполнение условия, обеспечивающее прочность элемента конструкции (см. рис. 2):

$$N (y_0 + e_0 + f) \leq \Sigma N_{c,6,i} (H_0 - h_0 + h_i) + \Sigma N_{c,6,i} (H_0 - h_0 + h_i). \quad (23)$$

Следует отметить, что формулы (18) отражают преобразование ступенчатых режимов нагружения в непрерывные (коммутативные), характеризующие условием (5). Иллюстрация такого преобразования показана на рис. 3. Не исключается при этом возможность учета ниспадающей ветви [2]. На рис. 4 приведены характерные схемы, которыми следует руководствоваться при использовании изложенной алгоритмизации процессов расчета элементов армополимербетонных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чебаненко А. И. Моделирование напряженно-деформированных состояний и процессов, наблюдаемых в конструктивных композиционных материалах. — В кн.: Армополимербетон — прогрессивный конструктивный материал, вып. 696. М., МИИТ, 1982.
2. Чебаненко А. И. Моделирование за критической (запредельной) области конструктивного композиционного материала. — В кн.: Строительные конструкции из железобетонного транспорта, вып. 713. М., МИИТ, 1983.
3. Чебаненко А. И. Основы расчета сталеполлимербетонных конструкций. — В кн.: Сталеполлимербетонные строительные конструкции. М., Стройиздат, 1972.

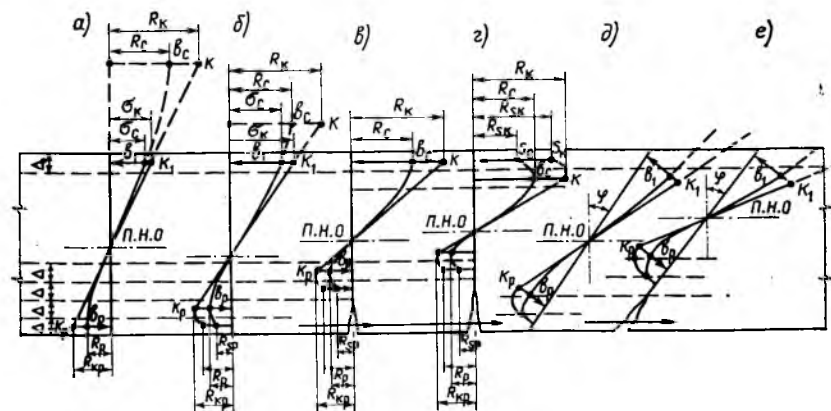


Рис. 4. Расчетные схемы внутренних усилий для составления алгоритмов а — при образовании нормальной трещины; б — то же, с учетом R_{sp} ; в — при оценке прочности по нормальному сечению; г — то же, с учетом R_{sc} ; д — при образовании наклонной трещины; е — при оценке прочности по наклонному сечению

Несущие конструкции из армополимербетона в промышленном строительстве

Крупномасштабному промышленному внедрению армополимербетонных строительных и технологических конструкций способствовали комплексные многолетние работы в прикладной науке.

Разработаны, исследованы и внедрены разнообразные эффективные несущие конструкции из армополимербетона, комплексные и композиционные. Созданы конструкции с заранее заданными свойствами большой несущей способности при малой конструктивной высоте, долговечные в любой агрессивной среде, и др. Исследованы их прочность, деформативность, химическая стойкость, долговечность, выносливость и огнестойкость.

Создана теория расчета армополимербетонных конструкций, напряженных и преднапряженных, на статические и динамические воздействия с учетом факторов реологии. Составлены общесоюзные и ведомственные инструкции и руководства, используемые при разработке и внедрении конструкций.

Разработаны технологические заводские линии для промышленного производства высоконаполненных полимербетона (композиций с содержанием полимера 4—10%). Определены области применения полимербетона. Разработаны строительные и технологические конструкции из полимерсиликатного бетона и технология их изготовления.

Ниже приводятся области промышленного использования полимербетонных конструкций в производстве строительных и технологических конструкций и заводские линии их изготовления.

Крупноразмерные плиты из полимербетона и полимерсиликатбетона применяют для покрытия полов при воздействии агрессивной среды, значительных механических нагрузок, а также повышенных температур. Благодаря большой прочности материалов плиты можно не армировать. Эксплуатация таких полов показала существенное преимущество их по сравнению с изготовленными из мелкоштучных керамических материалов.

Полы из полимербетонных и полимерсиликатбетонных плит имеют лучшее качество; механизация процессов производства и унификация изделий повышают производительность труда. Добавляя пигменты в смесь полимербетона на полиэфирных и карбамидных смолах, можно получать различную окраску материала.

Облицовочные плиты из мелкозернистого полимербетона на полиэфирных смолах и метилметакрилате применяют для производств с агрессивными средами, а также для отделки административных, торговых, общественных и других зданий.

Полы для промышленного животноводства. В последнее время в местах содержания скота вместо применяемых ранее земляных, глинобитных и др. стали применять решетчатые и сплошные полы из конструктивных тяжелых и легких полимербетонных на различных заполнителях.

Полимербетонные полы стойки к агрессивным воздействиям, отвечают ветеринарному, санитарно-гигиеническому, теплотехническому и строительному требо-

ваниям, снижают травматизм животных.

Фундаменты под технологическое оборудование из полимербетона и полимерсиликатбетона в гидрометаллургических производствах применяют вместо бетонных с антикоррозионной защитой. Их внедрение позволило полностью отказаться от дополнительной многослойной защиты, продлить срок службы, уменьшить трудоемкость изготовления, расход материала и др.

Фундаменты выполняют сборными в виде плиты, установленной непосредственно на сплошной химически стойкий пол, и монолитными в сборно-разборной опалубке. При воздействии динамических нагрузок фундаменты армируют. В зависимости от условий эксплуатации их изготавливают из тяжелого и легкого полимербетона на фурановых и полиэфирных смолах или из полимерсиликатбетона.

Строительные конструкции подвальных эстакад и встроенных этажей используются в гидрометаллургическом производстве и эксплуатируются в условиях агрессивных сред и наличия тока высокой плотности. В их состав входят фундаменты, колонны, ригели (рис. 1). Арматура многих конструкций предварительно напряжена. Учитывая агрессивные воздействия среды, в конструкциях должно быть исключено трещинообразование. Для повышения долговечности изделия не снабжены закладными деталями и монтируются с помощью захватных устройств и приспособлений.

Применение конструкций подвальных эстакад и встроенных этажей в Москве, Дзержинске, Усть-Каменогорске и др. позволяет обеспечить годовую экономическую эффективность 80—120 р/м.³

Электролизные и травильные ванны из армополимербетона и армополимерсиликатбетона эксплуатируют в условиях сильной химической и электрохимической

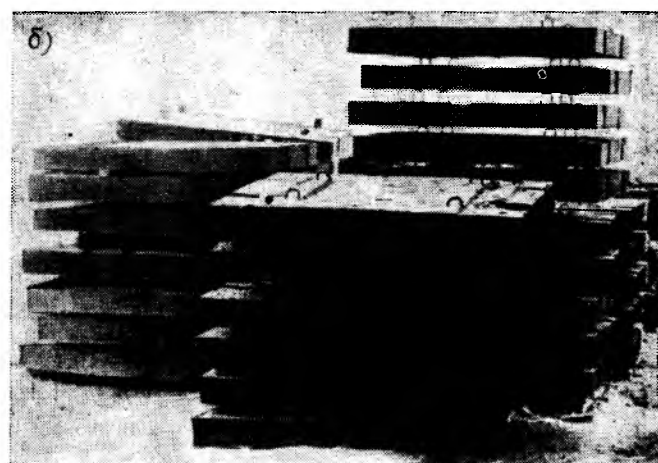
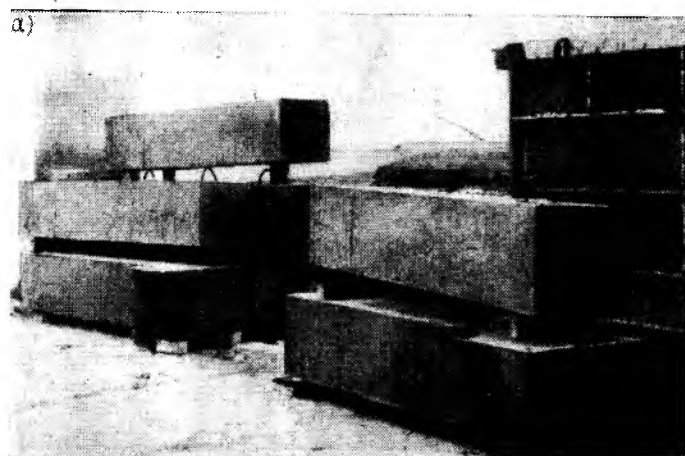


Рис. 1. Армополимербетонные конструкции подвальных эстакад

а — колонны; б — плиты

агрессии вместо железобетонных, деревянных и металлических с дорогостоящими многодельными защитными покрытиями поверхностей, включая облицовку свинцом и винилпластом. Это позволяет увеличить долговечность конструкций в 3—5 раз, уменьшить трудоемкость изготовления в 5—15 раз, снизить утечку блуждающих токов в 10 раз, сократить расход электроэнергии при эксплуатации каждой ванны более чем на 1000 кВт в год, исключить применение цветного и черного металла, леса и цемента, получить экономический эффект 400—600 р/м³.

Ванны из армополимербетона и армополимерсиликатбетона изготавливают без дополнительной химической защиты. Их армируют стеклопластиковой или стальной преднапряженной арматурой.

Электролизные ванны серийно изготавливают в Усть-Каменогорске и Лениногорске в металлической форме с податливым сердечником, который не препятствует протеканию усадочных процессов в полимербетоне. Армополимербетонные ванны широко применяют в Усть-Каменогорске, Лениногорске, Балхаше, Дзержинске, Москве, Константиновке и др.

Технологическое оборудование из армополимербетона для гидрометаллургического и сернокислотного производства (сгустители, различные баки, фильтры, экстракторы) эксплуатируют в условиях

сильноагрессивной среды без дополнительной антикоррозионной защиты.

Для герметизации стыков технологического оборудования, выполненного из сборных элементов, применяют различные прокладки. Для повышения трещиностойкости конструкций отдельные элементы предварительно напрягают. Для армирования используют и стеклопластиковую арматуру. В технологическом оборудовании полностью исключены стальные закладные элементы. Для соединения конструкций между собой и их крепления предусмотрены арматурные штыри в полимербетоне, а также болты.

Строительные конструкции — сваи, фундаменты, колонны, подкрановые и строительные балки, фермы, плиты покрытий и т. д. — из армополимербетона для промышленных зданий и сооружений, эксплуатируемые в агрессивной газовой среде при температуре до 60°C, выпускают преднапряженными стальной и стеклопластиковой арматурой.

Комплексные конструкции, представляющие собой несущий армополимербетонный элемент с бетонным, железобетонным или стальным вкладышем, расположенным в сжатой или растянутой зоне сечений, используют в промышленных зданиях и сооружениях.

Трубы армополимербетонные напорные с давлением 5—20 атм и безнапорные применяют для отвода промышлен-

ных и хозяйственно-бытовых сточных вод, транспортирования агрессивных жидкостей на различных промышленных предприятиях и объектах, а также при мелиоративно-ирригационном строительстве.

Армополимербетонные трубы на фурановой, карбамидной, полиэфирной и других смолах применяют вместо железобетонных со стальным вкладышем и без него, что снижает расход металла, трудоемкость изготовления, обеспечивает длительный срок службы. Они стойки к любым агрессивным воздействиям.

В промышленном строительстве полимербетон и армополимербетон на фурановых, полиэфирных, карбамидных и других смолах используют также для каналов, лотков, емкостей хранения кормов, морских сооружений, подкладок и опор технологического оборудования, кронштейнов и опорных деталей под технологические коммуникации, дренажных блоков, опор контактной сети, шпал, шахтных крепей, производственных конструкций, крупногабаритных технологических камер и других элементов. Полимерсиликатбетон предусмотрен для газопроводов, коллекторов и др. Такие конструкции применяют в Дзержинске, Усть-Каменогорске, Лениногорске, Москве, Прокопьевске и др.

Прочность и непроницаемость конструкций из полимербетона, армополимербетона и полимерсиликатбетона обеспечивают стыки и соединения. Для их устройства применяют мелкозернистые полимербетоны, полимеррастворы и полимерсиликатбетоны, а также кислото- и теплостойкие прокладки и герметики.

Для обеспечения надежности при эксплуатации строительных и технологических конструкций разработана методика комплексных испытаний их, которая подтвердила надежность и долговечность конструкций при эксплуатации.

Составы материалов для устройства стыков и соединений сборных элементов из полимербетонных подбирают с учетом материала конструкции. Стыки сборных строительных и технологических элементов на прокладках и герметиках применяют на многих предприятиях различных отраслей промышленности.

Высокомеханизированная заводская технология производства конструкций и изделий из полимербетона и армополимербетона обеспечивает выпуск широкого их ассортимента для промышленности, сельского хозяйства и строительства (рис. 2). Технологическая схема включает подготовку составляющих, приготовление полимербетонной смеси, формирование с использованием виброуплотнения и термообработку. Составляющие полимербетонной смеси готовят на автоматизированной технологической линии

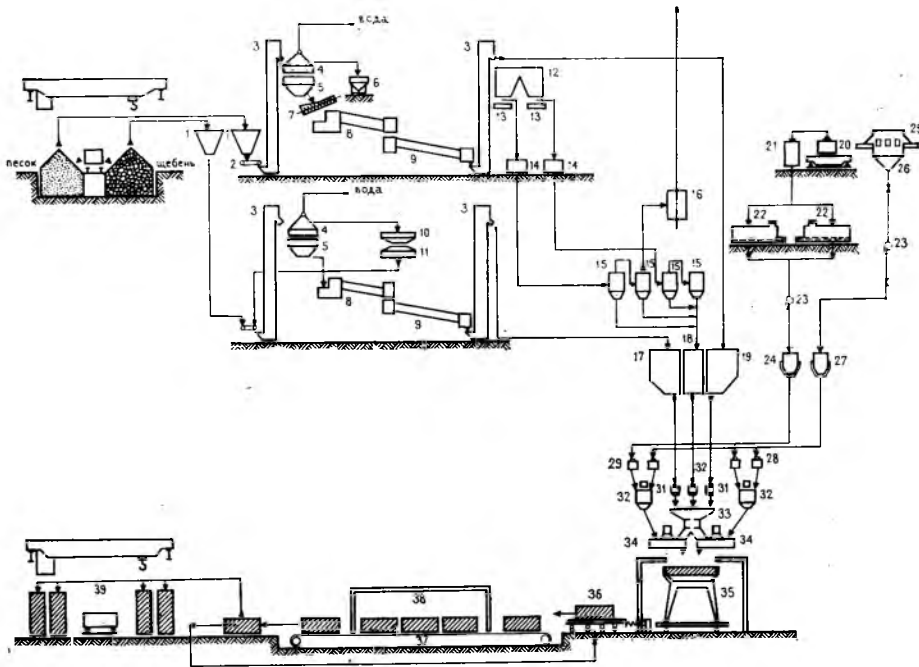


Рис. 2. Автоматизированная технологическая линия по изготовлению полимербетонных изделий
 1 — приемная воронка для заполнителей; 2 — ленточный питатель; 3 — элеватор для подъема заполнителей; 4 — самобалансный грохот; 5 — бункер просеянного песка; 6 — бадья для отходов; 7 — классификатор для промывки песка; 8 — барабанное сушило; 9 — барабанный холодильник; 10 — грохот; 11 — сито; 12 — промежуточный бункер песка; 13 — ленточный питатель; 14 — струйная мельница; 15 — циклоны; 16 — центробежный вентилятор; 17 — бункера-накопители щебня; 18 — то же, микронаполнителя; 19 — то же, песка; 20 — емкость ФАМ; 21 — разгрузочный центр ФАМ; 22 — обогреваемый резервуар ФАМ; 23 — насос; 24 — расходная емкость ФАМ; 25 — обогреваемая камера БСК; 26 — резервуар разогретой БСК; 27 — расходная емкость БСК; 28 — дозатор БСК; 29 — дозатор ФАМ; 30 — смеситель связующих; 31, 32 — дозаторы щебня и песка; 33 — сборная воронка; 34 — бетоносмеситель; 35 — бетоноукладчик; 36 — моторная тележка; 37 — возврат тары; 38 — камера термообработки; 39 — склад готовой продукции

ческой линии, которая сортирует, сушит и охлаждает инертные материалы (песок, щебень), с полной утилизацией отходов. Предусмотрена подача песка и полученного на мельницах мелкодисперсного наполнителя непосредственно к смесителю.

Полимербетонная смесь готовится в две стадии. Сначала смешивают смолу, микронаполнитель, отвердитель и суперпластификатор, затем, добавив крупный и мелкий заполнители, направляют в бетономешалку принудительного действия. Для лучшего смешивания инертные материалы подогревают. Изделия формируют и уплотняют вибрацией на виброплощадке с помощью ударного стола или центрифугирования непосредственно после укладки бетонной смеси. Поверхность изделия выравнивают вибропригрузом.

Термообработку изделий выполняют в туннельных печах с автоматической загрузкой, выгрузкой и перемещением конвейером. Заданные режимы поддерживаются автоматически.

Технология производства полимербетонных конструкций и изделий универсальна: на одном и том же конвейере изготавливают детали из тяжелого и легкого полимербетона. Максимальные размеры изделий 12×3×3 м. При изменении но-

менклатуры изделий производят переоснастку опалубок (форм), затраты на которую незначительны. Такая технология обеспечивает изготовление полимербетонных изделий с однородной структурой и постоянными физико-механическими свойствами.

Завод (цех), построенный по этой технологии, может выпускать 2—10 тыс. м³ изделий в год в зависимости от количества и производительности оборудования. Общий годовой экономический эффект от внедрения полимербетонных конструкций, изготовленных в цехе производительностью 5 тыс. м³, составляет 1,4 млн. р.

Промышленная технология позволяет изготавливать строительные конструкции, различные технологические емкости, аппараты и трубы из армополимербетона, а также кислотостойкие (в том числе декоративные) плиты из полимербетона на основе метилметакрилата, полиэфирной смолы и других связующих. Такую технологию широко применяют на предприятиях Усть-Каменогорска, Москвы и др.

Трестом Казцветметремонт в Лениногорске освоена промышленная технология производства конструкций и изделий из полимерсиликатного бетона широкого ассортимента.

Для армирования химически стойких конструкций из армополимербетона и

полимерсиликатбетона применяют не только стальную, но и стеклопластиковую арматуру.

Основными технико-экономическими критериями применения полимербетонных, армополимербетонных и полимерсиликатбетонных технологических и строительных конструкций являются: долговечность, прочность и надежность во времени; экономия основных строительных материалов (металла, цемента, леса и др.); снижение трудоемкости изготовления и монтажа, затрат на ремонтно-восстановительные работы, расхода электроэнергии; повышение качества выпускаемой продукции; экономическая эффективность, учитывающая влияние всех вышеупомянутых факторов.

Накопленный опыт разработки, создания и внедрения полимербетонных конструкций в цветной металлургии и других отраслях промышленности, экономическая целесообразность, значительное снижение трудоемкости и затрат на ремонтно-восстановительные работы, выполнение целевых комплексных программ на 1981—1985 гг. по внедрению конструкций из полимербетона и других кислотостойких бетонов позволят перейти на применение их в широких масштабах в различных отраслях промышленности. На это и направлены усилия советских специалистов в настоящее время.

УДК 691.327:541.6:626/627

И. М. ЕЛШИН, д-р техн. наук, проф. (ЦМИПКС при МИСИ)

Полимербетоны в гидротехническом строительстве

Все большее подтверждение получает мысль о том, что цементные бетоны будущего уже будут немислимы без полимерной составляющей [1]. Увеличение содержания полимера в бетоне ведет к улучшению его свойств. Это хорошо прослеживается по мере повышения доли полимера от микродоз, когда он выступает в роли поверхностно-активной добавки, до полной замены цемента, что приводит к получению нового материала — полимербетона.

Многочисленные исследования показывают, что для гидротехнических полимербетона могут быть рекомендованы эпоксидные и фурановые смолы, а также их модификации; в последние годы выявилась возможность применять в ряде случаев карбамидные и фенолформальдегидные смолы. Материалам на основе эпоксидных диановых смол ЭД-20, ЭД-16

и др. присущи высокие прочностные показатели, хорошая водостойкость и химическая стойкость, а также непроницаемость (табл. 1). Однако, учитывая острую дефицитность и высокую стоимость, можно рекомендовать их для ограниченного применения, например на объектах питьевого водоснабжения и пищевой промышленности, в качестве лакокрасочных и мастичных покрытий на строительстве АЭС, при устройстве футеровок и склеивании конструкций и т. п.

Наибольшее распространение получили изготавливаемые на фурфурацетонном мономере ФА (или ФАМ) фурановые полимербетоны, обладающие высокой износостойкостью, достаточной водостойкостью, плотностью, морозостойкостью и универсальной химической стойкостью. Они в 1958 г. были предложены для износостойких облицовок гидро-

сооружений вместо повсеместно применяемых облицовок из чугуна и стали [1].

Производственные эксперименты по использованию полимербетона для защиты сооружений от износа донными наносами были выполнены в Узбекской ССР на плотинах Верхне-Чирчикского водного узла и Пальман, а затем на Ассакинском сбросе. В последнем случае для полимербетона впервые была применена андезитовая мука, признанная лучшим химически активным наполнителем для фурановых и фурано-эпоксидных композиций.

Аналогичные монолитные облицовки из армополимербетона толщиной 8—15 см уложены также в УзССР вместо облицовки из базальтового камня на плотине Беш-Алышского гидроузла, взамен стальной облицовки на водосливе Сары-Курганского водного узла. Такие же решения были осуществлены на Гиссарской плотине (ТаджССР), плотине Арысь-Туркестанского водного узла (КазССР) и плотине Яккабагского гидроузла (УзССР). Фурановый полимербетон для противокавитационных облицовок впер-

вые применен на Волжской ГЭС имени В. И. Ленина: им отремонтирован пол правого донного водосбора ГЭС в виде армированной плиты толщиной 25 см и две шашки-гасителя на водобое водосливной плотины, сильно поврежденные кавитацией при кратковременных сбросах паводковых вод [1].

При применении облицовок из полимербетона на мономере ФА были выявлены трудности в технологии его изготовления и укладки. Встал вопрос о переходе на более индустриальные сборные облицовки из полимербетона с учетом возможного его армирования.

Основная трудность устройства монолитных и сборных облицовок — в осуществлении сцепления между фурановым полимербетоном и цементным бетоном из-за их химического антагонизма. Здесь возможны два варианта: установка сборных облицовок на анкера, закрепленные в бетонном основании, или приклеивание их мастикой, обладающей хорошей адгезией к обеим разновидностям бетонов.

Сборные плиты могут быть двухслойными бетонополимербетонными или однослойными полимербетонными. В двухслойных нижний слой цементобетонный толщиной 8—10 см, верхний — полимербетонный, толщина которого устанавливается расчетом в зависимости от эксплуатационных условий по методике [3]. Двухслойная плита укладывается по цементному раствору, а стыки заполняют полимербетоном. При необходимости в стыки между плитами из основания выпускают анкера, которые замоноличиваются при заполнении стыка полимербетоном.

Облицовка из сборного армополимербетона на мономере ФА впервые выполнена на Гавасайском гидроузле (УзССР) взамен сборной чугунной. Несмотря на очевидную надежность, это решение потребовало больших затрат ручного труда. Дальнейшим шагом вперед явились однослойные армополимербетонные плиты, крепление которых к основанию может быть произведено с помощью стальных анкеров, выпущенных по углам плит или по их периметру, и с последующим замоноличиванием полимербетоном. Другим вариантом является укладка плит на полимерную мастику с омоноличиванием стыков полимербетоном [3].

Расчеты [4] для полимербетонной плиты размером $1,5 \times 1,5 \times 0,15$ м, уложенной по мастике ФАЭД-20, показали, что возникающие в плите и мастичном слое напряжения от усадки, а также колебаний температур не приведут к отрыву конструкции от мастики или к разрушению бетонного основания в зоне контакта с мастикой. Сборная однослойная облицовка

указанной конструкции впервые уложена в водобойном колодце плотины Башарю (АзССР).

Фурановые композиции наряду с существенными достоинствами имеют и недостатки, ограничивающие их широкое применение в гидротехнике. Это невозможность использования карбонатных заполнителей, отсутствие сцепления фурановых полимербетонов с цементным бетоном, низкие эстетические свойства, а также санитарно-гигиенические ограничения.

Указанных выше недостатков лишены фураново-эпоксидные связующие, в частности фураново-эпоксидная смола ФАЭД-20, содержащая 20% смолы ЭД-20 и 80% ФА. Композиции на ФАЭД-20 характеризуются высокими физико-механическими показателями, хорошей адгезией к цементному бетону, металлу и т. д.

Введение в смолу поверхностно-активной добавки — алкилбензилдиметиламмония хлорида обеспечивает надежное сцепление композиций на ФАЭД-20 с мокрым бетоном. Разработана также аналогичная по свойствам смола ФАЭИС-30, содержащая 30% алкилрезерциновой смолы ЭИС-1 и 70% мономера ФА.

Создание указанных смол открыло возможности расширения использования полимерных композиций в гидротехнике. Так, полимербетон на ФАЭД-20 внедрен на Гавасайском гидроузле в качестве износостойчивой облицовки промывной галереи, работающей в чрезвычайно тяжелых условиях.

Полимеррастворы и инъекционные не наполненные композиции в порядке эксперимента успешно применены для ликвидации трещин в железобетонном бассейне института ВИТУКИ (Будапешт), а затем для заделки многочисленных фильтрующих трещин в железобетонной галерее Кургантепенского водохранилища (УзССР).

Завершены исследовательские работы и опытно-производственная апробация полимербетонных труб для ирригационного и других областей строительства. В Белорусской ССР создана технология напорных центрифугированных труб из полимербетона на мономере ФАМ. Разработаны конструктивные решения и технология получения коллекторно-дренажных труб из полимербетона на основе карбамидных смол, предложены трубофильтры из фенолформальдегидного полимербетона.

На ранней стадии формирования структуры и физико-механических свойств полимербетона существенная роль принадлежит заполнителям, особенно тонкодисперсным наполнителям. Учитывая, что в

фурановых композициях применяется кислый отвердитель, для него противопоказаны заполнители и наполнители из карбонатных пород. Наиболее высокий эффект достигается при использовании андезитовых заполнителей. Можно применять и другие кислотостойкие материалы. Особенно высокий эффект был получен автором при использовании кварцевых наполнителей с добавкой 5% графитового порошка (удельная поверхность 3—5 тыс. см²/г). В общем же случае при изготовлении наполнителей для фуранового полимербетона рекомендуются горные породы с высоким содержанием алюмосиликатов: граниты, сиениты, габбро, лабрадориты, диориты и порфириды.

Долговечность полимербетона в облицовке объектов гидротехнических сооружений определяется рядом постоянных или периодически действующих факторов. Постоянные — это атмосферные воздействия, периодически — изнашивающее действие наносов, льда или кавитации. В большинстве водосливных плотин, где применяется полимербетон на ФА, воздействие воды является периодическим, в общей сложности 4—5 мес в году.

Вода оказывает ингибирующее воздействие на полимербетон: в какой-то степени препятствуя образованию связей между полимером и заполнителем, она постепенно вымывает свободную бензолсульфокислоту, несвязанный фурфурол и загрязняющие примеси, пластифицирует полимер и снижает интенсивность межмолекулярного взаимодействия. Коэффициент водостойкости (при сжатии) полимербетона на обычных заполнителях находится в пределах 0,7—0,8, при применении пиритовых наполнителей он повышается до 0,85, а при введении добавки 5% графитового наполнителя может достигнуть 0,88 [3].

Морозостойкость фурановых полимербетонов превышает 300 циклов замораживания и оттаивания. Эта характеристика непосредственно связана с их водостойкостью. Так, например, 200 циклов замораживания и оттаивания эквивалентны по своему воздействию 120 дням выдерживания полимербетона в воде.

Старение полимербетона в атмосферных условиях определяется воздействием температуры, атмосферных осадков, кислорода (озона) и ультрафиолетового облучения. В результате знакопеременного суточного и сезонного температурного воздействия в бетоне возникают температурно-влажностные напряжения, приводящие к усталостным явлениям. Атмосферная влага, диффундируя в бетон, с одной стороны, пластифицирует полимер, приводя к увеличению скорости релаксационных процессов, способству-

Таблица 1

Показатель	Полимербетоны			
	на мономере ФА	на смоле ФАЭД-20	на смоле ЭД-20	на смоле ЭИС-1
Прочность, МПа: при сжатии	80—100	90—120	100—130	100
> изгибе	20—30	30—40	30—35	24
> растяжении	8—12	13—18	10—12	—
Относительное удлинение при разрыве, %	0,02	0,02	—	0,07
Ударная вязкость, Дж/м ²	0,2·10 ⁴	0,2·10 ⁴	—	0,3·10 ⁴
Износ, мм ³ /м	1,6·10 ³	0,5·10 ³	—	0,9·10 ³
Кавитационная эрозия, см ³ /г	0,15—0,2	0,06—0,1	0,01—0,02	—
Коэффициент диффузии, см ² /с	—	1,6·10 ⁻⁹	4,4·10 ⁻⁹	3,8·10 ⁻⁹
Коэффициент водостойкости (при сжатии)	0,8—0,85	0,9—0,95	0,85	0,78 (при изгибе)
Морозостойкость, циклы	300—400	>500	>400	>500
Адгезия, МПа:	Низкая	Выше прочностн бетона	4—5	Выше прочностн бетона
к цементному бетону	—	4—5	—	—
к керамике	Высокая	10—15	Высокая	—
к металлу	Низкая	4—5	10—12	—
Модуль упругости при сжатии, МПа	2,5·10 ⁴	3,5·10 ⁴	3,5·10 ⁴	1,3·10 ⁴
Линейная усадка, мм/м	0,5—1	—	—	0,25
Коэффициент линейного температурного расширения, 1/°С	(12—16)·10 ⁻⁶	—	(12—14)·10 ⁻⁶	—

ющих рассасыванию внутренних напряжений; с другой стороны, смачивая частицы заполнителя, ухудшает адгезионные связи с полимером. Этот процесс тем более энергичен, чем выше напряжения в полимербетоне.

Под влиянием тепла и солнечной радиации в полимере возникают реакции деструкции и сшивки макромолекул. При ультрафиолетовом облучении первоначально возможен разрыв валентных связей макромолекул с образованием радикалов, которые, вступая в реакции, могут инициировать цепную реакцию деструкции. Указанные процессы ускоряются в присутствии кислорода и особенно озона.

Протекание описанных процессов не привязано ко времени и не может быть связано с поперечным сечением конструкции.

Важным критерием оценки являются натурные наблюдения за поведением полимербетона в процессе эксплуатации.

Исследования образцов полимербетона, извлеченных из облицовок гидросооружений, эксплуатируемых от 2 до 11 лет, указывают на образование дефектов в структуре полимербетона, вызываемых действием воды и температурных напряжений, возникающих в летний безводный период. Однако глубина деструкции в полимере за 10 лет эксплуатации достигает лишь 1—1,5 мм и при толщине облицовок 100—150 мм практически не сказывается на их сохранности. Глобулярная структура полимера ФА за 10—12 лет практически не меняется, характер взаимодействия полимера ФА с частицами заполнителя также не изменился. Полимербетон характеризуется высокой плотностью и непроницаемостью, что подтверждается отсутствием коррозии в арматуре и сохранностью непрореагировавших зерен БСК, заключенных в бетоне, а также результатами механических ис-

пытаний выбуренных из облицовок образцов (табл. 2) [3, 4]. Снижение прочности полимербетона во времени на плотине Караспан объясняется высоким содержанием в заполнителях карбонатных включений.

Таким образом, за длительный период эксплуатации видимых признаков ухудшения качества полимербетона в облицовках не обнаружено, поскольку процессы деструкции происходили в столь тонком слое, что это не могло сказаться на результатах испытаний. В связи с изложенным представляются необоснованными высказывания в [5] о том, что «...применение полимербетонов в сооружениях, возводимых в районах с сухим жарким климатом при прямом воздействии интенсивной солнечной радиации и повышенных температурах воздуха, ограничено...»

Там, где облицовки подвергаются интенсивному воздействию движущихся с потоком воды донных наносов, долговечность их связана со способностью противодействовать износу, что и определяет их толщину.

Расчеты показали, что среднегодовой износ полимербетона на плотине Сары-Курган должен составить 6 мм, Яккабаг — 0,3 мм и т. д., что хорошо согласуется с результатами натурных наблю-

Таблица 2

Плотина	Время эксплуатации, годы	Содержание в заполнителе карбонатных примесей, %	Предел прочности образцов при сжатии, МПа	
			контрольных (в период строительства)	извлеченных из облицовки
Беш-Алып	11	22	54	55
Сары-Курган	10	15	42	49
Караспан	9	73	80	33
Ак-Бура	8	24	56	48
Яккабаг	2	14	67	64

дений. Обследования в 1983 г. состояния полимербетона в плотинах Сары-Курган, Яккабаг и Гавасай указывают на высокую работоспособность фуранового полимербетона в качестве износостойчивой облицовки в монолитном и сборном исполнении, однако в последнем случае качество бетона более высокое. По имеющимся сведениям, надежно работает сборная облицовка плотины Башарю, плиты которой были приклеены к основанию мастикой на основе смолы ФАЭД-20. Фиксируется высокая надежность инъекционных и гидроизоляционных композиций на основе ФАЭД-20, применяемых на водовыпуске плотины Кургантепе.

Выводы

Исследования и длительный опыт эксплуатации (до 23 лет) полимербетонов на мономере ФА, примененных для износостойких облицовок водозаборных плотин, установили высокую эффективность этого решения и целесообразность его широкого распространения для замены металла.

При устройстве указанных облицовок следует отдавать предпочтение сборным однослойным плитам, приклеенным к основанию на фураново-эпоксидной мастике. Применение сборных облицовок обеспечивает высокую индустриальность работ и хорошее качество полимербетона.

Теоретические прогнозы и результаты натурных исследований свидетельствуют о хорошей стойкости фурановых полимербетонов при комплексном воздействии эксплуатационных и природно-климатических факторов, характерных для южных районов СССР.

Большое будущее принадлежит использованию фураново-эпоксидных композиций, применение которых особенно эффективно при ремонте напорных бетонных и железобетонных конструкций, включая фильтрующие и сильноувлажненные.

Целесообразно усилить исследования, направленные на расширение областей применения в гидротехнике полимербетонов на карбамидных, фенолформальдегидных, уретановых и других смолах, выпускаемых отечественной промышленностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Елшин И. М. Полимерные материалы в ирригационном строительстве. М., Колос, 1974.
- Елшин И. М., Остер-Волков Н. Н. Полибетон на основе мономера ФА. — Бетон и железобетон, 1960, № 11.
- Елшин И. М. Полимербетоны в гидротехническом строительстве. М., Стройиздат, 1980.
- Корсакий В. П. Исследование долговечности фуранового полимербетона защитных облицовок гидросооружений. — Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. Л., ЛИИЖТ, 1977.
- Касимов И. К., Джабаров В. М., Максимов Ю. В., Серых Р. Л. Бетоны, модифицированные мономерами. Ташкент, ФАН, 1982.

В. А. ОТРЕПЬЕВ, канд. техн. наук (Минтяжстрой); Н. Ф. ШЕСТЕРКИНА, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Кислотостойкие полимерсиликатные бетоны

В цехах большинства промышленных предприятий химической промышленности, черной и цветной металлургии присутствуют агрессивные технологические среды, содержащие минеральные и органические кислоты. Из-за недостаточной герметичности оборудования и трубопроводов и неудовлетворительной эксплуатации системы канализации промышленных стоков большое количество агрессивных жидкостей постоянно попадает на строительные конструкции, вызывая их интенсивное разрушение.

По данным исследований, рН жидкостей, попадающих на строительные конструкции, характеризуется величиной 2—4. Грунтовые воды многих цехов подкислены до рН 3—5, что представляет опасность для фундаментов и подземных сооружений, выполненных из бетона и железобетона. Масштаб разрушений, вызываемых только кислотной агрессией, приводит к большим потерям. Ущерб, вызываемый коррозией конструкций и сооружений, дополняется затратами на их ремонт и восстановление. Ежегодно только в химической промышленности полные прямые затраты на противокоррозионные мероприятия в среднем превышают 1 млрд. р., в том числе на коррозионное исполнение оборудования и строительных конструкций расходуются 215 млн. р., на противокоррозионную защиту оборудования и сооружений в условиях строительного-монтажной площадки — 287 млн. р., на текущий ремонт — 260 млн. р. [1].

Огромный размах промышленного строительства в стране требует всемерного увеличения выпуска химически стойких материалов. Задача повышения долговечности строительных конструкций, подвергающихся воздействию кислот, при условии снижения материалоемкости и трудовых затрат решается использованием для этих целей специальных химически стойких бетонов. Среди них наиболее дешевыми, недефицитными, нетоксичными и негорючими являются материалы на жидком стекле. Они обладают почти универсальной кислотостойкостью, в том числе к подогретым и окисляющим кислотам, а введение различных модифицирующих добавок придает им высокую кислотонепроницаемость.

Свойства жидкого стекла позволяют использовать его для создания материалов самого различного назначения. Ра-

боты в этом направлении проводятся у нас в стране и за рубежом. Разработкой композиций на жидком стекле занимаются фирмы ФРГ («Farbwerke Hoechst AG», «Clasfaser AG», «Bayer AG»), США («The Cementation Com. Ltd», «Corring Class Works», «Chemical Corporation»), Японии («Асахи касэй Коре КК», «Kubota Ltd», «Мацусима дэнко КК»), Великобритании («Imperial chemical Industries Ltd», «National Research Development Co»).

Зарубежные исследования направлены в основном на использование жидкого стекла для создания негорючих, термостойких теплоизоляционных материалов с использованием различных искусственных пористых заполнителей и волокнистых материалов, а также на разработку изоляционных огнеупорных материалов и огнестойких пеносиликатных и ячеистых бетонов.

Основное направление исследований в нашей стране — создание материалов на основе жидкого стекла для изготовления химически стойких конструкций различного назначения, а также для монолитной или штучной футеровки. Сюда относятся монолитные конструкции, твердеющие в нормальных температурно-влажностных условиях, а также сборные элементы полной заводской готовности, твердеющие по ускоренному режиму.

Изучением кислотостойких замазков, растворов и бетонов на основе жидкого стекла занимались в нашей стране еще в 30-е годы. Было выяснено, что бетоны на жидком стекле наряду с положительными свойствами имеют и некоторые недостатки: относительно высокую пористость, невысокую водостойкость, водонепроницаемость и т. д. Качественный скачок в развитии жидкостекольных материалов наблюдается после модификации их полимерными добавками различного назначения [2]. Такие материалы называют полимерсиликатными бетонами (ПСБ). Это весьма перспективное направление получило развитие в работах НИИЖБ, ЦНИИПромзданий, ВНИИК, ВНИПИТеплопроекта, ВНИИГалургии, САНИИРИ им. В. О. Журина, Гидропроекта им. С. Я. Жука, Проектхимзащиты.

Другое направление связано с разработкой материалов на жидком стекле и активных тонкомолотых наполнителей (шлаках, шламах, перлите, кремнеземе и др.). Оно получило развитие в работах НИИЖБ, Одесского инженерно-строи-

тельного института, Алма-Атинского НИИСтрома, Челябинского Промстрой-НИИПроекта и др. [3, 4].

В настоящее время на основе жидкого стекла разработана широкая гамма бетонов различного назначения (см. рисунок), которые можно разделить на две основные группы — на модифицированном жидком стекле и с активными тонкомолотыми наполнителями. Такое разделение определяется существенным различием в технологии их изготовления. Бетонные смеси первой группы готовят и уплотняют подобно цементным бетонам. Их твердение осуществляется в воздушно-сухих условиях или при сухом прогреве. Бетонные смеси второй группы твердеют в условиях гидротермальной обработки в автоклаве.

Для изготовления мелкоштучных материалов из бетонных смесей на жидком стекле (облицовочная плитка, черепица и др.) предложен метод горячего прессования под давлением 10—15 МПа при температуре +170÷200°C с использованием многоступенчатых прессов [5].

Принципиальное различие в составах и технологии изготовления двух групп бетонов на жидком стекле отражается и на их свойствах (см. таблицу). Полимерсиликатные бетоны с различными полимерными модифицирующими добавками характеризуются сравнительно невысокой прочностью (25—45 МПа), высокой кислотостойкостью, непроницаемостью и солестойкостью, в то время как использование активных тонкомолотых наполнителей позволяет получать плотные кислотостойкие бетоны с прочностью при сжатии 70—110 МПа.

На основе жидкого стекла разработаны тяжелые и высокопрочные конструкционные, а также легкие конструкционные и конструкционно-теплоизоляционные бетоны на искусственных пористых заполнителях.

Можно отметить положительный опыт внедрения кислотостойких бетонов на жидком стекле. ЦНИИПромзданий успешно применяет ПСБ для подстилающего слоя, прослойки, стяжки и верхнего покрытия полов. Минский филиал ПО Техэнергохимпром на Светлогорском заводе искусственного волокна и Могилевском ПО «Химволокно» применил ПСБ при устройстве фундаментов под технологическое оборудование при изготовлении сводов и диафрагм скрубберов. Институтом ВНИИК на Калининском ПО «Химволокно» применены арочные своды скрубберов и осадительных колонн из ПСБ. В виде монолитной и сборно-монолитной облицовки, а также в виде плит покрытия и двухслойных стеновых панелей ПСБ применен для строительства и защиты газоотводящих сооружений на

Костромской ГРЭС. САНИИРИ совместно с НИИЖБ применили ПСБ в гидротехническом и мелиоративном строительстве для изготовления лотков солнечных опреснителей и труб коллекторно-дренажной сети.

Алма-Атинский НИИСтромпроект с успехом применяет бетоны на основе стеклошлакового вяжущего для изготовления шахтной крепи на комбинате Карагандауголь, решеток для животноводческих помещений, крупных блоков для сельскохозяйственного строительства. НИИЖБ совместно с Минтяжстроем СССР применил ПСБ для изготовления колонн в цехе медных порошков комбината Уралэлектромедь, а совместно с Гипроцветметом и трестом Казцветметремонт из ПСБ изготовлены и успешно эксплуатируются футеровочные блоки, ванны электролиза меди, плиты пола, желоба отработанного электролита. С успехом применяются разработанные в НИИЖБ жаростойкие бетоны на жидком стекле.

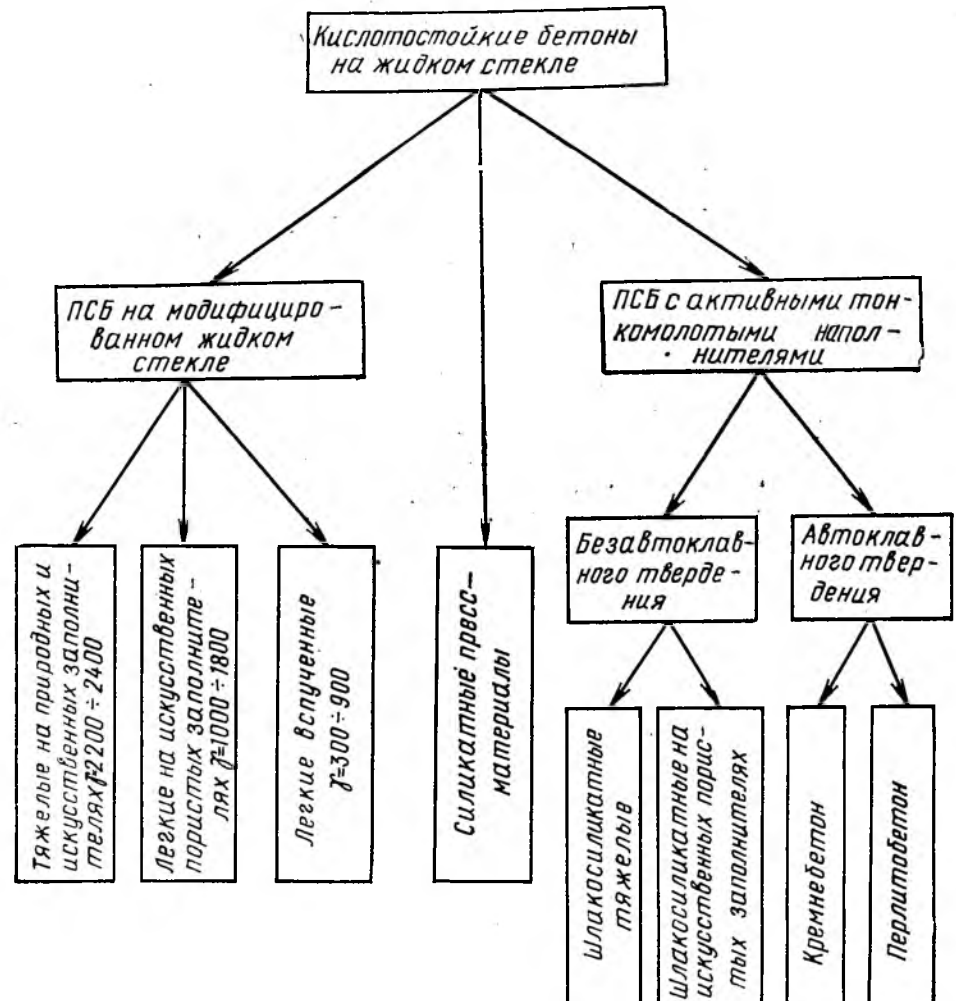
Таким образом, полимерсиликатные бетоны на жидком стекле с модифицирующими добавками находят применение: для футеровки аппаратов и защиты железобетонных и металлических емкостей под кислоты в виде монолитного бетона, футеровочных блоков, облицовочных плит; для фундаментов под технологическое оборудование (насосы, реакторы, кислотохранилища); для емкостей из армированного бетона (электролизные и травильные ванны); для элементов оборудования и установок (крышки аппаратов, своды и диафрагмы скрубберов, лотки солнечных опреснителей, трубы коллекторно-дренажной сети); для строительства и защиты газоотводящих сооружений Минэнерго (монолитная и сборная облицовка газоходов, плиты покрытий, царги газоходов); для несущих конструкций зданий и сооружений (балки колонные, ригели и т. д.).

Однако внедрение полимерсиликатных бетонов до сих пор осуществляется медленными темпами, отдельными организациями, на некоторых объектах. Работы НИИЖБ способствуют разработке и внедрению технологии заводского изготовления конструкций и изделий на жидком стекле. В этом отношении наиболее плодотворны работы, проводимые совместно с Гипроцветметом Минцветмета СССР и Минтяжстроем СССР. Гипроцветмет при участии лаборатории полимербетонов НИИЖБ запроектировал цех по производству конструкций и изделий из ПСБ. Строительство осуществлено трестом Казцветметремонт в Лениногорске. Цех состоит из отделения подготовки заполнителей, смешительного, отделения формовки и ускоренного твер-

Свойства кислотостойких бетонов	ПСБ с модифицирующими добавками			Силикатный пресс-материал	ПСБ с активными тонкомолотыми наполнителями		
	Фурилового спирта	олигоэфира	полиизоцианата		Шлаки	Перлит	Кремнезем
Жизнеспособность смеси, мин	40—50	120—150	50—60	—	50—60	Возможна выдержка до термообработки 1—3 сут	
Удобноулаживаемость (О.К.), см	4—6	5—7	4—5	0	2—4	0	
Режим уплотнения	Виброуплотнение			Горячее прессование при +170—200°C	Виброуплотнение	Виброуплотнение с пригрузом (ударная технология)	
Режим твердения	Воздушно-сухой или сухой, прогрев при +80—120°C				Пропаривание при +90°C	Автоклавная термообработка	
Предел прочности, МПа; при сжатии						при 6—8 ати	при 12—14 ати
$R_{куб}$	25—30	35—40	40—45	50—55	60—80	80—110	55—70
$R_{призм}$	20—23	30—32	35—37	—	50—56	75—90	50—60
при изгибе	5—6	12—18	11—15	10—18	10—15	12—14	12
растяжении	2—3	4—5	—	2—12	4—5	—	6—7
Модуль упругости при сжатии, МПа · 10 ³	20	20—22	30—32	—	30—32	45—50	27—36
Коэффициент Пуассона	0,2	0,25	0,22	—	0,2	0,18	—
Коэффициент химической стойкости в средах:							
вода	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9	0,6—0,7	0,7
минеральные кислоты	0,9	0,9	0,95	0,9	0,6	0,9	0,9
органические кислоты	0,8	0,9	0,9	0,9	0,5	0,8	0,8
растворы солей	0,8	0,85	0,9	0,7	0,8	0,9	0,9

дения бетона, склада готовой продукции. Номенклатура выпускаемых конструкций определяется потребностями близлежащих комбинатов Минцветмета

СССР и включает, например, плиты пола, блоки футеровки, ванны электролиза, желоба отработанного электролита, фундаментные блоки, царги газоходов.



Классификация кислотостойких бетонов на жидком стекле

По техническим условиям и регламенту НИИЖБ Тульский Промстройпроект Минтяжстроя СССР выполнил технический проект завода по производству конструкций из высокопрочного перлитобетона в г. В. Пышма (Свердловская обл.), а также рабочие чертежи опытно-промышленной линии по производству изделий из высокопрочного кислотостойкого бетона для Первоуральского завода ЖБИ № 1.

При более широком внедрении кислотостойких бетонов на жидком стекле следует обратить внимание на разработку и использование новых эффективных

добавок, заполнителей, наполнителей и отвердителей, позволяющих улучшить структуру и свойства материалов, а также на более глубокое и всестороннее изучение свойств кислотостойких бетонов и их долговечности.

Учитывая необходимость организации промышленного производства химически стойких конструкций и изделий из бетона на жидком стекле, исследования следует направить на улучшение технологических свойств бетонов и совершенствование заводской технологии их изготовления.

Следует также расширить области

применения бетонов на жидком стекле путем разработки новых легких негорючих конструктивных и теплоизоляционных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Хевеления З. Инженерная надежность и расчет долговечности. М., Энергия, 1966.
- Мастики, полимербетоны и полимерсиликаты. Сб. под ред. Мощанского Н. А. М., Стройиздат, 1975.
- Кирриллишин В. П. Кремнебетон. Киев, 1975.
- Отрепьев В. А. Технология изготовления железобетонных конструкций из кислотостойкого бетона с использованием природных и искусственных наполнителей. — Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук, М., 1979.
- Силикатный пресс-материал. Обзорная информация. ВНИИЭСМ, 1974.

УДК 691.327:539.3/6

В. И. СОЛОМАТОВ, д-р техн. наук (МИИТ); В. П. СЕЛЯЕВ, канд. техн. наук (Мордовский государственный ун-т)

Химическое сопротивление бетонов

Химическое сопротивление бетонов в агрессивных средах определяется скоростью транспортирования жидкости в материал и кинетикой химического взаимодействия реакционно-способных компонентов бетонов и агрессивной среды. Обычно химическое взаимодействие агрессивных жидкостей с бетонами протекает одновременно с переносом. В зависимости от того, какой процесс преобладает, предлагается различать гомогенный, гетерогенный и диффузионный механизмы разрушения.

Если насыщение бетона агрессивной жидкостью происходит очень быстро, а дальнейшее разрушение бетона обуславливается слабым химическим взаимодействием компонентов, то механизм разрушения гомогенный, происходящий в объеме. Он характерен для крупнопористых и других проницаемых бетонов на минеральных и органических связующих.

При действии на бетоны сильных реагентов, когда скорость химического взаимодействия значительно выше скорости переноса среды в бетоне, разрушение бетонов происходит на поверхности. Гетерогенный механизм наблюдается при действии на изделия из цементных бетонов кислот, асфальтобетонов и полимербетонов — сильных растворителей.

Наиболее часто отмечается разрушение при сопоставимых скоростях химического взаимодействия и диффузионного переноса, например разрушение полиэфирных и фурановых полимербетонов в кислотах, эпоксидных и плотных цементных бетонов в щелочах. Для диффузионного механизма разрушения характерно неравномерное распределение кон-

центрации агрессивной среды, а следовательно, и величины механических характеристик материала по объему элемента.

Авторами предложен метод количественной оценки химического сопротивления бетонов и прогноза их долговечности. Степень деградации бетона, т. е. изменение его прочностных и деформационных свойств, зависит от уровня концентрации агрессивной среды и длительности ее действия. Установлено*, что поврежденность структуры бетона от действия агрессивной среды оценивается функцией деградации структуры

$$\frac{F(t)}{F(0)} = \exp \left[-\beta \int_0^t c(x, y, t) dt \right], \quad (1)$$

где $F(t)$ — рабочая площадь поперечного сечения элемента в момент времени t ; c — концентрация среды в задних точках x и y и времени t .

Прочность материала в элементарном объеме прямо пропорциональна функции деградации структуры в этом объеме:

$$\sigma(t) = \sigma(0) \exp \left[-\beta \int_0^t c(t) dt \right], \quad (2)$$

где β — коэффициент, характеризующий скорость накопления повреждений в единичном объеме материала.

Из формул (1) и (2) видно, что распределение прочности материала по объему образца можно установить, если

*Соломатов В. И., Селяев В. П. Физико-статистические основы химического разрушения конструктивных пластмасс. — В кн.: Работоспособность строительных материалов в условиях воздействия различных эксплуатационных факторов. Казань, 1980.

известен закон распределения концентрации агрессивного вещества в этом объеме. Распределение концентрации агрессивной среды в изделии определяется экспериментальными и теоретическими методами. При наличии градиента химических потенциалов одномерный перенос описывается дифференциальным уравнением

$$\frac{\partial e}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - v_x \frac{\partial c}{\partial x} - k c^m, \quad (3)$$

где D — коэффициент диффузии; v_x — скорость фазового переноса жидкости для бетонов как капиллярно-пористых тел с учетом капиллярного давления:

$$v_x = \frac{\gamma \cos \theta}{R_s} D_\phi,$$

причем γ — поверхностное натяжение; θ — угол смачивания; R_s — приведенный радиус пор; D_ϕ — коэффициент фильтрации; k — константа скорости реакции химического взаимодействия; m — порядок химической реакции.

Уравнение (3) пригодно для описания деградации, поскольку учитывает выравнивание разности концентрации и химических потенциалов вследствие переноса агрессивной жидкости и ее химического взаимодействия с реакционно-способными компонентами бетонов.

Общее решение уравнения (3) относительно переменной c при $c=c_0$ при $x_1 = -h_1$ и $t \geq 0$; $c=c_n$ при $t=0$ и $-h < x < 0$, $m=1$ имеет вид

$$\frac{c - c_1}{c_0 - c_n} = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{4}{(2n-1)\pi} \times \\ \times \exp \left[-\frac{(2n-1)^2 \pi^2}{4} \frac{D_{\text{эф}}}{h_1^2} - kt \right] \times \\ \times \cos \frac{(2n-1)\pi}{2} \frac{x_1}{h_1}, \quad (4)$$

где $x_1 = x - \frac{\gamma \cos \theta}{R_s} D_\Phi t$;

$h_1 = h - \frac{\gamma \cos \theta}{R_s} D_\Phi t$.

Уравнение (4) описывает распределение концентрации агрессивной среды в объеме изделия во времени, т. е. представляет собой решение интеграла в правой части формулы (2). Подставив его в выражение (2), получим уравнение, описывающее изменение прочности бетона по высоте плиты. Установлено, что прочность бетона — величина переменная в пределах поперечного сечения элемента, и, следовательно, прочность, определенная испытанием образцов без учета такой изменчивости, не может в полной мере служить количественной оценкой деградации конструкционного элемента в средах. К сожалению, в действующих нормах деградация свойств учитывается именно изменением прочности (расчетных сопротивлений) введением коэффициентов условий работы. По нашему мнению, объективной оценкой состояния элемента в процессе химического разрушения должны быть не коэффициенты стойкости, а деградационные функции несущей способности и деформативности, которые в общем виде для изгибаемого элемента могут быть записаны в виде

$$D(M) = \int_F \sigma y dF \quad (5)$$

Как видно из формулы (5), деградационные функции оценивают интегральное изменение прочности и площади поперечного сечения элемента под действием среды.

Деградационные функции, полученные аналитически, неудобны для практического применения. Поэтому разработан следующий инженерный способ установления деградационных функций.

Распределение прочности бетона по высоте поперечного сечения элемента в процессе химической деградации, с учетом функций (2) и (4) и принимая во внимание неоднородность структуры бетонов с крупным заполнителем, без большой погрешности можно считать линейным. Эпюры, показывающие, как меняется прочность бетона по высоте сечения в данный момент времени, называются изохронами деградации. Их положение определяется параметрами a и α (рис. 1).

Из анализа модели (см. рис. 1) деградации поперечного сечения элемента можно легко найти деградационные функции несущей способности. При этом необходимо учитывать, что при диффузионном механизме деградации α изменяется в пределах от 0 до 90° и может быть выражен через константы $E(c_0)$ и $E(0)$ функцией

Вид деградации	Деградационные функции
Гомогенный	$D(N) = \exp \left\{ -\frac{\beta}{k} c_0 [\exp(-kt) - 1] \right\} \approx \frac{E(t)^*}{E(0)} ;$ $\frac{D(W_c) = D(N)^*}{D(M) = D(N)} ;$ $D(W_H) = D(N)$
Гетерогенный	$D(N) = \exp[-\beta_1 c_0 t] \approx 1 - 2 \frac{a}{h} ;$ $\frac{D(W_c) = D(N)}{D(M) = [D(N)]^2} ;$ $D(W_H) = [D(N)]^3$
Диффузионный	$D(N) = \exp \left\{ -\beta \left[c_0 - c_H \left(t - 2h \sqrt{\frac{t}{\pi D}} \right) \right] \right\} \approx 1 - \left(\frac{a}{h} \right)^2 \operatorname{ctg} \alpha ;$ $\frac{D(W_c) = D(N)}{D(M) = \exp[-\beta(c_0 - c_H)t] \approx 1 - \frac{1}{8} \left[\left(1 - \frac{2a}{h} \right)^4 - \left(1 - \frac{8a}{h} \right) \right] \operatorname{ctg} \alpha}$ $D(W_H) = D(M)$

* Над чертой — сжатие, под чертой — изгиб.

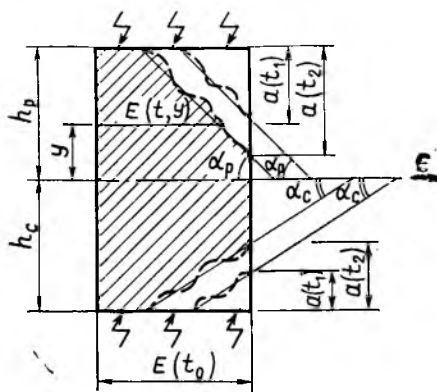


Рис. 1. Модель деградации поперечного сечения полимербетонного элемента

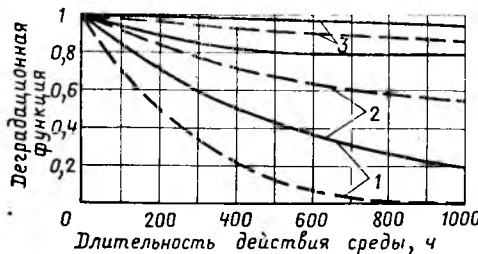


Рис. 2. Изменение деградационной функции несущей способности для центрально-сжатых (—) и изгибаемых (---) элементов размером 2x2 см (1), 4x4 см (2) и 10x10 см (3)

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{1 - E(c_0)}{E(0)} \frac{h}{a} \quad (6)$$

При гомогенном механизме деградации $\alpha = 90^\circ$, при гетерогенном $\alpha = 0^\circ$.

Деградационные функции, определенные для бетонов, подвергнутых действию химических агрессивных сред, приведены в таблице. Деградационные функции несущей способности являются оценками химического сопротивления бетонных элементов. В отличие от общепринятой оценки с помощью коэффициентов хими-

ческой стойкости они учитывают механизм деградации, размеры элемента, параметры фильтрации или диффузии жидкости и неравномерность распределения среды по объему элемента.

Преимущества предлагаемого метода количественных оценок химического сопротивления бетонов видны из рис. 2. По рис. 1 были определены параметры a и α диффузионного механизма деградации полимербетонных элементов в 15%-ном растворе NaOH. Были испытаны призмы размером 2x2x8 см, находящиеся в щелочи. Для центрально-сжатых призм значения деградационных функций жесткости и несущей способности совпадают с соответствующими значениями коэффициентов химической стойкости. Если же, используя полученные значения коэффициента химической стойкости, произвести оценку химического сопротивления изгибаемого элемента, то результаты по сравнению с экспериментальными данными оказываются завышенными (см. рис. 2). Оценка химического сопротивления изгибаемого элемента с помощью деградационных функций дает лучшее совпадение экспериментальных и теоретических данных. Целесообразность применения деградационных функций очевидна и при оценке химического сопротивления элементов с различной площадью поперечного сечения. Так, коэффициенты химической стойкости оценивают химическое сопротивление элемента с определенной площадью и формой поперечного сечения, а с помощью деградационных функций при известных параметрах a и α можно оценить химическое сопротивление элементов с площадью поперечного сечения любых размеров и различной формы.

Полимербетоны с использованием барханных песков для сухого и жаркого климата

Исходя из физико-химических свойств барханных песков разработаны методы их применения с использованием фурановых, полиэфирных и карбамидных смол, а также метилметакрилата и эпоксидно-фурановых компаундов. Технологическая схема использования смол в компоненте с барханными песками* отличается не только строением и химическим составом песков (табл. 1), но и характером процесса отверждения.

Ранее применявшиеся способы обработки барханных песков различными видами растворов нейтрализовали карбонатные составляющие с образованием водорастворимых солей, ухудшающих свойства полимербетонов. Нами разработан способ получения химически стойкого наполнителя путем обработки барханных песков слабым раствором серной кислоты, который образывает при взаимодействии с карбонатными составляющими двуводный гипс. После его высушивания образуется полуводный гипс, обладающий вяжущими свойствами.

Этот принципиально новый подход к физико-химическим процессам, происходящим при обработке барханных песков, позволяет по-новому оценить их использование, которое считалось ранее недопустимым. Установлено, что при фракционировании барханных песков в зависимости от их фракции получают разные химико-минералогические составы. Результаты исследований показали, что уменьшается содержание карбонатного составляющего при одновременном увеличении окиси кварца и при снижении фракций барханных песков. Большое значение имеют расширяющиеся добавки для полимербетонов. При определенном соотношении барханного песка и кислого катализатора выделяющийся углекислый газ расширяет систему, обеспечивая безусадочную полимербетонную конструкцию. Технология использования барханных песков предоставляет широкие возможности получения легких полимербетонов. Это достигается подбором соотношения барханного песка и кислого катализатора. Барханный песок можно одновременно использовать

в качестве газообразователя и наполнителя.

Установлено, что в полимербетоне на метилметакрилате барханные пески выполняют и функцию антиингибирующей добавки. При этом происходит нейтрализация гидрохинона и дополнительная сшивка по гидроксильным группам олигомера, что положительно сказывается на степени полимеризации и прочности полимербетона. Присутствие микронаполнителей в полимербетоне совершенно необходимо. В качестве такого компонента широко применяют андезитовую или диабазовую муку, получаемую при помоле. Дисперсность барханных песков и микронаполнителя достаточно близка и составляет 2—3 тыс. см²/г. Это позволя-

ет использовать барханные пески в обычном, естественном виде, что обусловлено содержанием в нем необходимого количества микронаполнителя, для получения высокоплотной структуры полимербетона. Это существенно снижает стоимость изделий из такого бетона.

Содержание и соотношение компонентов полимербетонов рассчитывали в соответствии с требованием их максимальной прочности и физико-химической совместимости, что обеспечивает оптимальные технологические свойства и технико-экономические параметры. При этом использовали метод математического планирования экспериментов. В результате обработки экспериментальных данных получены математические модели оптимизируемых параметров и уравнения регрессий моделей, описывающих свойства полимербетона.

Пример состава 1

$$R_{сж} = 70,4 - 1,98 X_1 - 6,4 X_2 + 9,2 X_4 + 9,5 X_5 + 3,3 X_1^2 + 6,6 X_2^2 + 2,6 X_3^2 - 16,1 X_4^2 - 3,2 X_5^2 - 1,1 X_1 X_2 + 1,7 X_1 X_3 - 1,6 X_1 X_5 + W_{30} + 1,4 X_2 X_4 - 3,0 X_2 X_5 - 2,1 X_3 X_5; \\ W_{30} = 0,95 - 0,15 X_2 - 0,05 X_3 - 0,21 X_4 - 0,17 X_5 - 0,12 X_2^2 + 0,23 X_4^2 + 0,32 X_5^2 - 0,08 X_1 X_3 - 0,08 X_2 X_3 - 0,09 X_2 X_4 + 0,07 X_2 X_5 - 0,11 X_3 X_5 + 0,27 X_4 X_5; \\ K_p = 0,72 + 0,02 X_1 + 0,02 X_3 + 0,08 X_4 + 0,03 X_5 + 0,05 X_2^2 + 0,06 X_3^2 + 0,09 X_5^2 + 0,04 X_1 X_3 - 0,03 X_2 X_5; \\ Ц = 182 + 23,2 X_4 + 2,3 X_5 - 0,12 X_4^2 + 0,34 X_4 X_5,$$

где $R_{сж}$ — прочность на сжатие; W_{30} — водопоглощение за 30 сут; K_p — коэффициент размягчения; $Ц$ — стоимость 1 м³ полимербетона; X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 — расход соответственно барханного песка, смолы, мелкозернистого барханного песка, смолы ФА, бензолсульфокислоты (БСК).

Используя эти уравнения, можно определить прочностные характеристики полимербетонов, их водопоглощение, коэф-

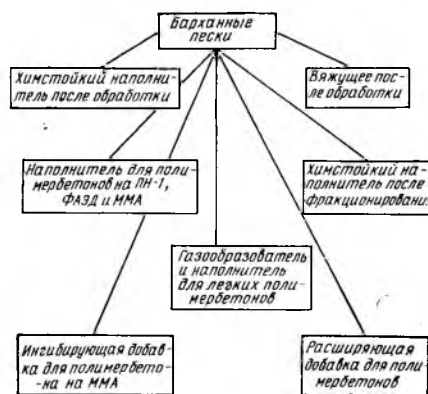


Схема использования барханных песков

Таблица 1

Фракция барханного песка, номер сита	Части остаток, %	п. п. п.	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃
Ашхабадский песок							
1,25	3,10	44,40	—	0,26	51,14	4,60	—
0,63	6,40	38,80	10,82	4,60	41,07	4,40	0,31
1,315	11,60	23,34	38,11	6,84	27,42	1,64	1,15
0,14	42,40	4,22	72,88	12,37	5,08	1,02	4,43
0,08	31,80	1,40	81,66	14,01	1,22	0,69	1,02
Бекдашский песок							
0,63	1,20	43,40	—	—	46,20	10,40	—
0,315	70,82	42,20	6,11	5,13	45,43	1,14	—
0,14	26,78	36,74	11,20	7,08	41,67	3,31	—
0,08	1,20	3,01	68,23	124,86	2,82	1,08	—

*Чощшев К. Ч., Хабыев Э. Производство и применение барханлитовых облицовочных плит. Ашхабад, изд-во «Ылым», 1982.

эффициент размягчения, а также экономические показатели.

Оптимизированные составы разработанных полимербетонов приводятся в табл. 2.

Основные физико-механические свойства полимербетона определяли по действующим ГОСТам, а также по методике НИИЖБ (табл. 3).

В результате комплексного изучения возможности использования карбонат-содержащих заполнителей и наполнителей в полимербетонах и их структурообразования разработана заводская технология новых строительных материалов. По этой технологии в Ашхабаде в 1979 г. впервые в стране построен цех полимербетонных изделий производительностью 24 тыс. м² в год.

Начато изготовление нестандартного оборудования и строительство завода по производству полимербетонных изделий на основе барханных песков с использованием энергии солнца. Особенностями технологической линии (рис. 1) являются непрерывный выпуск продукции в замкнутом цикле и высокая оборачиваемость формооснастки, которая по сравнению с известной технологией сокращает время в 10 раз. Учтены технологические требования к подготовке инертного наполнителя. Предусмотрено 6 бункеров емкостью по 6 м³. Такое число бункеров позволяет иметь материалы различных фракций по гранулометрическому составу и тем самым расширить технологические возможности получения смесей различного вида. Для получения точно взвешенных смесей песков разработана самоходная электрифицированная тележка, на которой установлены весы ВТ-2000. На них смонтирован съемный двухкорпусный бункер с реечным затвором, позволяющим быстро освободиться от взвешенного материала. Для получения качественных песчаных смесей предусмотрен типовой смеситель СВ-80 емкостью 250 л, частично реконструированный. Изменены установочные габариты привода, переделана приемная загрузочная воронка. Зазоры между подвижными и неподвижными лопастями и корпусом сведены к минимуму, улучшено уплотнение.

Под смесителем установлен бункер с секторным затвором, что обеспечивает нормальное транспортирование перемешанных материалов в расходный бункер-накопитель готовых смесей. В зависимости от технологии в накопителе подогревают инертные материалы до 50—55°C, а затем подают питателем в расходный бункер разливочной машины ДВ-30.

В отделение производства полимербетонных изделий входит смесительная ус-

Компонент	На ФА (1)	На ДН-1 (2)	На ММА (3)	На КФЖ (4)
Фурановая смола или ФАМ	9,5	—	—	—
Меламиноформальдегидная смола К-421-02	1,5	—	—	—
Полиэфирная смола ПН-1 или ПН-3	—	12,5	—	—
Метилметакрилат ММА	—	—	9,6	—
Карбамидная смола КФЖ	—	—	—	10,5
Бензолсульфокислота БСК	2,5	—	—	—
Дибутилфталат ДБФ	0,5	—	—	—
Полиэтиленполиамин ПЭПА	—	—	0,3	—
Смола К-421-02 и фуриловый спирт (1:16)	—	—	—	0,24
Щебень диаметром до 6 мм Шах-Гадамского месторождения	50,0	42,3	51,5	50,0
Фосфогипс	—	—	—	9,4
Барханный песок, обработанный 5%-ной H ₂ SO ₄	28,0	35,2	18,8	29,86
Барханный песок мелкозернистый	8,0	8,5	7,1	—
Барханный песок, пропитанный нефтью	—	—	10,1	—
Гипериз	—	0,5	0,6	—
Нафтенат кобальта	—	1,0	—	—
Красители или отбеливатели	—	—	—	—
	По мере потребности от 0,4 до 10%			

Примечание. 1, 2, 3, 4 — номера составов.

Таблица 3

Показатель	Номера составов			
	1	2	3	4
Прочность, МПа:				
при сжатии	75,0	100,0	104,0	82,0
» изгибе	28,0	21,0	35,0	20,0
» растяжении	9,0	15,0	18,0	7,5
Ударная вязкость, кДж/м ²	2,4	3,1	9,0	2,4
Адгезия к бетону марки М300, МПа	2,0	4,0	4,0	1,4
Объемная усадка, %	1,5	1,92	1,76	2,15
Линейная усадка, мм/м	0,5	0,98	0,7	1,10
Коэффициент Пуассона	—	0,27	0,23	0,18
Модуль упругости при изгибе, МПа·10 ⁻³	29,2	32,0	23,5	19,3
КТР. (1/°С)10 ⁶	15,0	18,0	15,0	16,5
Истираемость, 50 см ³ /см ²	—	11,6	9,2	12,4
Гидробразивный износ, г/м 50 с	3,4	—	3,0	4,25
Степень полимеризации, %	89,0	93,5	96,0	93,0
Изменение массы (проницаемость), %	—	5,0	3,3	5,5
Коэффициент стойкости в различных средах				
H ₂ O	0,55	0,52	0,87	0,80
Грунтовая вода	0,60	0,48	0,84	0,75
5% H ₂ SO ₄	0,66	0,56	0,74	0,84
10% H ₂ SO ₄	0,80	0,50	0,70	0,82
10% NaOH	0,46	0,32	0,50	0,68
Бензин	—	0,64	0,80	—
Толуол	—	0,85	0,96	—
Машинное масло	—	0,75	0,90	—
Атмосферостойкость	—	0,82	0,88	0,80

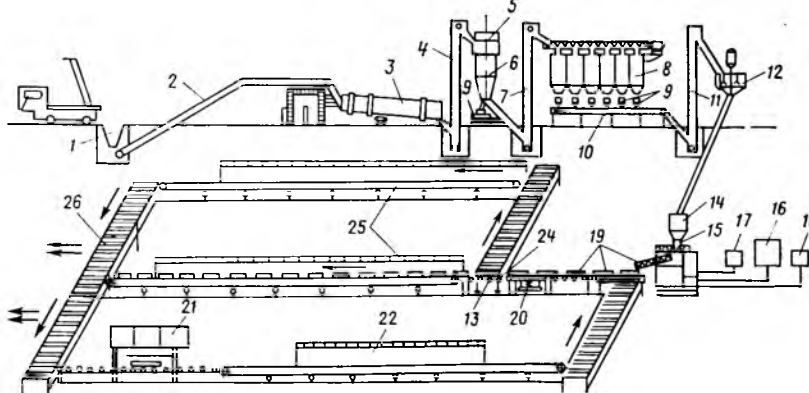


Рис. 1. Технологическая схема производства изделий из полимербетонов

1 — приемное устройство для заполнителей; 2, 10, 13 — ленточный конвейер; 3 — барабанное сушило; 4, 7, 11 — ковшовый элеватор; 5 — ситобурат; 6 — бункер; 8 — бункер-накопитель; 9 — весовой дозатор; 12 — смеситель для сухих смесей; 14 — бункер заливочной установки; 15 — заливочная установка; 16 — емкость для смолы; 17, 18 — емкости для отвердителей и ускорителей; 19 — формы; 20 — вибростол; 21 — пост заливки фактурного слоя; 22 — камера предварительной полимеризации; 23, 24 — рольганг; 25 — камера полимеризации; 26 — пост распалубки и очистки форм

тановка ДВ-30, позволяющая в зависимости от состава смеси дозировать компоненты в единицу времени, автоматически поддерживая заданный режим работы. Конвейер заливки приводится в движение приводной станцией и позволяет получать изделия различной толщины при неизменной производительности разливочной машины. Такая конструкция удобна в эксплуатации, поддерживает стабильность режима заливки форм и позволяет без особой перестройки узлов выпускать изделия требуемой толщины.

Заливаемую в формы смесь уплотняют на комбинированном столе, служащем одновременно рольгангом и вибростолом. Для уменьшения шума ролики обрешинены. Термическую обработку изделий проводят в камерах непрерывного действия с электропрогревом, температура в которых поддерживается автоматически.

В отделении выработки изделий установлены три камеры, в одной из которых формы подогревают, а также в зависимости от требований к выпускаемым изделиям получают фактурный полированный слой. Эти изделия отличаются от обычных глянцевой поверхностью высокого класса чистоты. Две другие камеры предназначены для полимеризации изделий. Камеры снабжены бесступенчатым электроприводом регулирования скорости движения конвейера и автоматической системой регулирования температуры.

Для обеспечения нормальных санитар-

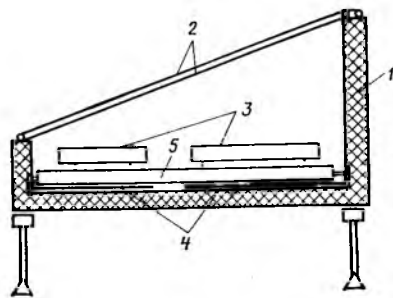


Рис. 2. Конструкция солнечной камеры полимеризации

1 — теплоизоляция; 2 — прозрачная изоляция; 3 — формы с полимербетоном; 4 — электронагреватель; 5 — конвейер

ных условий в цехе предусмотрена precisely-вытяжная вентиляция.

Полимербетонные изделия получают в формах двух видов: с поддоном из полированной нержавеющей стали и стеклянный строгой геометрической формы. Благодаря усадке смеси изделия растрескиваются без разборки простым переворачиванием форм, затем выдерживают в специальных контейнерах, в которых сохраняется температура камеры термической обработки (60—70°C). Этого тепла достаточно для завершения полимеризации и достижения прочности.

В связи с проблемой экономии энергетических ресурсов огромное значение приобретает использование солнечной энергии. Интенсивность такой энергии в республиках Средней Азии позволяет

эффективно использовать ее в народном хозяйстве. Более 300 дней в году имеют среднюю температуру +16°C (сухой жаркий климат). На основе теоретических проработок, многократно проверенных экспериментальным путем, впервые разработана солнечная камера непрерывного действия для полимеризации высоконаполненных композиций на основе термореактивных смол и барханных песков (рис. 2).

Действие солнечной камеры полимеризации основано на принципе «горячего ящика». Установлена зависимость воздействия солнечных лучей на температуру воздуха внутри ящика, позволяющая выбирать наиболее эффективный материал для изоляции. Наиболее приемлемой в этом случае является полиэтиленовая пленка, которая сохраняет внутрикамерную температуру от охлаждения окружающей среды.

Выведены теоретические зависимости расчета теплотехнических характеристик солнечной камеры полимеризации. При различной загрузке камеры можно определить температуру изделий внутри нее в зависимости от температуры окружающей среды.

Разработанная технологическая схема производства полимербетонных изделий с использованием энергии солнца приводится на рис. 3. Режим работы всей системы технологической линии начинается при наружной температуре воздуха 15°C.

С помощью лучистой энергии солнца и отходящей теплой газовой смеси, проходящей через солнечную камеру, осуществляется сушка заполнителей. Одновременно теплым воздухом, получаемым в солнечных камерах подогрева форм, прогреваются связующее и заполнители перед смешиванием. Полученная полимербетонная смесь подвергается термообработке в солнечных камерах полимеризации непрерывного действия. В пасмурные дни и при температуре наружного воздуха менее 15°C в солнечных установках предусмотрены дублеры в виде электрической энергии.

Созданная производственная база по выпуску полимербетонных изделий открыла неограниченную возможность их использования на объектах химической промышленности, в сельскохозяйственном, промышленно-гражданском и гидромелиоративном строительстве.

В результате внедрения научных разработок в народное хозяйство в течение 3 лет текущей пятилетки получен экономический эффект свыше 2 млн. р. В 1984 г. эта сумма составит более 1,8 млн. р. В целом за одиннадцатую пятилетку экономический эффект составит около 6 млн. р.

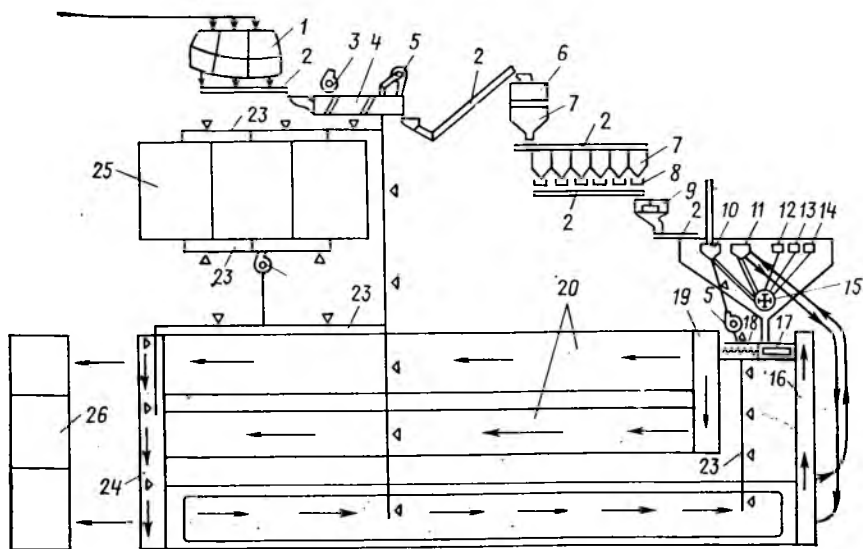


Рис. 3. Технологическая схема производства полимербетонных изделий с использованием солнечной энергии

1 — склад заполнителей; 2 — транспортер; 3 — вытяжной вентилятор; 4 — сушильный барабан; 5 — дутьевой вентилятор; 6 — сито; 7 — бункера; 8 — дозаторы; 9 — смеситель; 10—14 — расходные бункера заполнителя, смолы, отвердителя, красителя и добавки; 15 — смесительная головка; 16 — конвейер подачи форм; 17 — пост формования; 18 — вибростол; 19 — конвейер подачи заполненных форм; 20 — солнечные камеры полимеризации; 21 — солнечная камера подогрева форм; 22 — солнечный теплообменник подогрева смолы; 23 — конвейер поста распушки и подготовки форм; 24 — конвейер поста распушки и подготовки форм; 25 — солнечный контейнер

В. В. МИХАЙЛОВ, д-р техн. наук, С. Л. ЛИТВЕР, канд. техн. наук,
Л. А. МАЛИНИНА, д-р техн. наук (НИИЖБ); А. И. ПАНЧЕНКО, инж.
(Грозненский нефтяной ин-т)

Режимы тепловой обработки бетона на напрягающем цементе

Самонапряженный железобетон в настоящее время достаточно широко применяют в монолитном строительстве. Вместе с тем, используя положительные свойства материала, его нужно шире использовать при изготовлении сборных железобетонных изделий. В первую очередь это относится к изделиям, работающим в прямом контакте с водой или в обводненных грунтах, где применение напрягающего бетона позволит отказаться от дорогостоящей, недолговечной и трудоемкой оклеечной или другой гидроизоляции. Быстрый рост прочности, безусадочность, высокая плотность, обеспечивающие повышенную морозостойкость и долговечность напрягающего бетона, расширяют номенклатуру сборных железобетонных изделий.

В изделиях из напрягающего бетона наряду с отпускной прочностью необходимо обеспечивать и требуемое самонапряжение. Одним из наиболее важных технологических переделов, при помощи которого можно регулировать набор прочности и развитие самонапряжения, является тепловлажностная обработка. Проведенные исследования режимов ТВО напрягающего бетона [1—3] в основном носили локализованный характер и изучали лишь отдельные периоды тепловой обработки.

Для обеспечения необходимой прочности, развития самонапряжения и повышения качества сборных самонапряженных изделий, изготавливаемых с применением традиционного метода — пропаривания, проводили исследования и оптимизацию режимов тепловой обработки напрягающего бетона. При этом использовали бетон состава 1:1,23:2,3 при $B/C=0,48$, приготовленный на НЦ-20 двух партий Усть-Каменогорского завода. Изучали такие параметры отдельных периодов пропаривания, как время предварительного выдерживания, скорость подъема температуры, температура и продолжительность изотермы и скорость остывания. Исследования проводили с применением математических методов планирования экспериментов и исходя из технологических предпосылок.

Результаты исследований показали, что увеличение времени предварительного выдерживания с 2 до 5 ч положительно влияет как на самонапряжение (рис. 1), так и на прочность при сжатии (рис. 2) образцов, испытанных через 12 ч после ТВО. Дальнейшее увеличение предварительного выдерживания до 8 ч не дает прироста самонапряжения, а прочность при этом снижается, хотя и незначительно.

Для обычных бетонов время предварительного выдерживания целесообразно

варьировать совместно с изменяющейся скоростью подъема температуры, так как эти факторы взаимозависимы [4]. Это справедливо и по отношению к напрягающему бетону (см. рис. 2).

Прочность при сжатии снижается на 8—13% при увеличении скорости нагрева с 10 до 40°C/ч. Повышенная скорость нагрева требует большего времени предварительного выдерживания и уменьшает самонапряжение на 10—35% (см. рис. 1 и 3). Одновременно увеличивая время предварительного выдерживания и снижая скорость подъема температуры, можно уменьшить или исключить совсем потери самонапряжения, получаемого после ТВО. Это позволяет варьировать время отдельных периодов (предварительного выдерживания и подъема температуры) в пределах принятой на том или ином производстве продолжительности изготовления изделий.

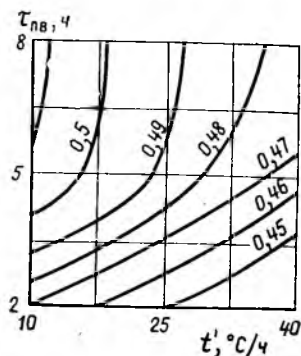


Рис. 1. Самонапряжение в зависимости от времени предварительного выдерживания и скорости подъема температуры при пропаривании

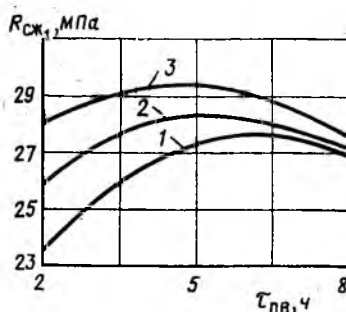


Рис. 2. Зависимость прочности на сжатие бетона от времени предварительного выдерживания при различных скоростях нагрева при ТВО
1 — 40°C/ч; 2 — 26°C/ч; 3 — 10°C/ч

В зависимости от организационно-технологической схемы производства общая продолжительность цикла изготовления изделий может быть различна. Исходя из этого по результатам проведенных исследований построена номограмма, позволяющая подбирать температуру и время изотермического выдерживания напрягающего бетона при условии достижения требуемой отпускной прочности и необходимого самонапряжения (рис. 4). Варьирование такими параметрами, как время и температура прогрева, изменяет энергозатраты на тепловую обработку. С повышением температуры пропаривания самонапряжение бетона снижается, причем наиболее значительно при изменении температуры от 55 до 75°C. Повышение температуры до 95°C способствует росту прочности после тепловой обработки. Следует отметить, что пропаривание напрягающего бетона при температуре выше 80°C и продолжительности изотермического выдерживания выше 5 ч нецелесообразно, так как снижает прочность бетона при небольших значениях самонапряжения.

Номограмма составлена для пропаривания напрягающего бетона с предварительным выдерживанием 4 ч, скоростью подъема температуры 25°C/ч и остывания 15—20°C/ч. Например, отпускную прочность, равную 70% марочной, можно получить при 65°C и времени изотермического выдерживания 7—8 ч. Такой режим обеспечит самонапряжение, равное 70% полного (твердение в течение 28 сут в воде при 20±2°C), а энергозатраты составят 115 тыс. ккал/м³. В то же время 70% прочности напрягающий бетон приобретает и при 90°C и времени изотермы 3 ч, но при этом самонапряжение снижается до 56%, а энергозатраты возрастают до 150 тыс. ккал/м³, т. е. на 30%.

Для достижения бетоном на порландцементе прочности 70% марочной применяют режимы пропаривания при 80—85°C с длительностью изотермы 7—8 ч, что требует 180 тыс. ккал/м³ энергозатрат. При пропаривании напрягающего бетона такую прочность можно достичь при более низкой температуре (65°C) в течение того же времени, а энергозатраты при этом составят 115 тыс. ккал/м³. Понижение температуры ТВО до 65°C вызовет повышение самонапряжения на 18%.

В настоящее время период остывания бетона после ТВО еще недостаточно изучен с точки зрения его влияния на свойства бетона. Эти сведения о напрягающем бетоне отсутствуют совсем. Однако исследования, проведенные авторами, показали, что скорость остывания значительно влияет на самонапряжение (см. рис. 3).

Остывание пропаренного напрягающего бетона проводили с различной скоростью при закрытой и открытой крышке камеры. При этом прочность уменьшилась незначительно (до 12%), а самонапряжение снизилось на 42—50%. Это свидетельствует о том, что скорость остывания изделия имеет важное значение для достижения в напрягающем бетоне требуемого самонапряжения.

Остывание изделий после пропаривания трудно регулировать, так как скорость его зависит в основном от теплотехнических характеристик стенок теп-

лового агрегата. С учетом этого и исходя из общей продолжительности цикла изготовления изделий при принятой технологии необходимо увеличить время остывания напрягающего бетона при закрытой крышке ямной камеры или с исключением массообмена бетона со средой при прогреве в других тепловых агрегатах.

На основании проведенных исследований рекомендуется методика подбора режима паропрогрева изделий из напрягающего бетона на основе НИЦ-20. Вначале устанавливаются минимальная температура и соответствующее ей время для достижения необходимой прочности бетоном с использованием предложенной номограммы (см. рис. 4). Пониженная температура прогрева способствует получению большего само-

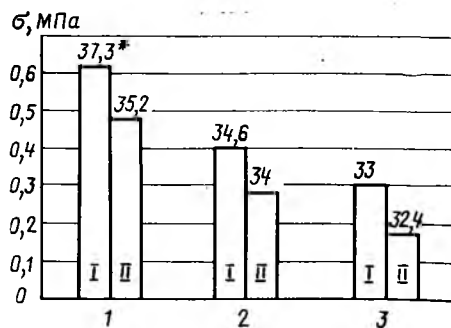


Рис. 3. Самонапряжение и прочность напрягающего бетона в зависимости от скорости нагрева и остывания при пропаривании I — скорость нагрева 10°C/ч; II — скорость нагрева 40°C/ч; * — прочность при сжатии

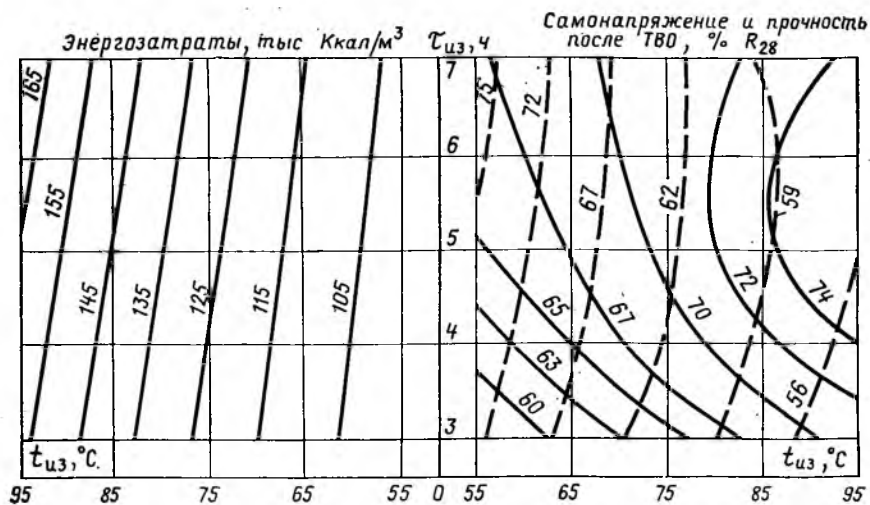


Рис. 4. Номограмма для определения температуры, продолжительности изотермического выдерживания для достижения требуемой прочности после ТВО, развиваемого при этом самонапряжения и необходимых энергозатрат — — самонапряжение; - - - - прочность

УДК 693.542

Л. И. ДВОРКИН, канд. техн. наук, В. П. КИЗИМА, инж. (Украинский ин-т инженеров водного хозяйства); Г. Д. ДИБРОВ, член-корр. АН УССР (ДИСИ)

Технологические особенности литых бетонных смесей с добавками полифункциональных модификаторов

Добавки-суперпластификаторы открыли принципиально новый технологический способ получения литых бетонных смесей — с умеренным расходом воды [1, 2]. Важнейшая задача совершенствования технологии литых бетонов заключается в разработке эффективных путей регулирования продолжительности пластифицирующего эффекта при сохранении достаточной однородности бетонных смесей. Авторы исследовали влияние на эти показатели добавок в бетонную смесь полифункциональных модифи-

каторов (ПФМ), содержащих суперпластификатор С-3 и замедлители схватывания.

По технологическим соображениям наиболее рациональным оказалось введение ПФМ с предварительным смешиванием компонентов. Критерием совместимости компонентов ПФМ является достигаемая степень однородности композиции, отсутствие заметной коагуляции, вызываемой агрегативной неустойчивостью коллоидной системы. Опытами установлено, что суперпластификатор

напряжения, снижению энергозатрат и времени нагрева и остывания изделия. Затем с учетом принятой организационно-технологической схемы производства (оборачиваемости теплового агрегата, возможной продолжительности ТВО) устанавливаются время предварительного выдерживания и скорость подъема температуры: при $t_{п.в} = 1-3$ ч $t_{п.} = 10..15$ °C/ч; при $t_{п.в} = 4-6$ ч $t_{п.} = 30..40$ °C/ч. В оставшееся от общей продолжительности тепловой обработки время необходимо обеспечить остывание в условиях ограниченного массообмена бетона со средой.

Режим пропаривания, подобранный по предлагаемой методике, применяли на Грозненском заводе ЖБК при производстве плит покрытия из напрягающего бетона. Его внедрение позволило экономить 9,76 р. за один оборот четырехсекционной ямной пропарочной камеры путем снижения энергозатрат при тепловой обработке.

Выводы

Режим ТВО напрягающего бетона следует принимать исходя из обеспечения к его концу необходимой прочности и самонапряжения с учетом принятой организационно-технологической схемы производства. Пропаривание изделий из напрягающего бетона при пониженной температуре, обеспечивая отпускную прочность бетона и повышенное самонапряжение, одновременно позволяет снизить энергозатраты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бурденкова З. М., Овсянников И. Д. Исследование режимов тепловой обработки самонапряженного бетона для напорных труб. — В кн.: Расчет и технология изготовления железобетонных напорных труб. — М, 1969.
- Михайлов В. В., Загурский В. А. Сокращение длительности тепловлажностной обработки сборных самонапряженных железобетонных изделий. — Научн. тр. НИИЖБ, вып. 38, 1977.
- Литвер С. Л., Мамедов Т. М. Свойства растворов на напрягающем цементе, прошедших тепловлажностную обработку. — Бетон и железобетон, 1983, № 1.
- Малинина Л. А. Тепловлажностная обработка тяжелого бетона. М., 1977.

С-3 хорошо совмещается с растворами как гидрофобизирующих ПАВ (сульфитно-дрожжевая бражка — СДБ, кормовая сахарная патока — КП, молочная сывортка — МС, известково-сыворточная суспензия — ИСС), так и с водной эмульсией гидрофобизирующего ПАВ (кубовые отатки синтетических жирных кислот — КО СЖК). Заметного расслоения ПФМ на основе ПАВ не наблюдалось при выдерживании растворов в течение месяца.

Фотометрически исследовали также совместимость растворов СП и электро-

литов — замедлителей схватывания. Сравнительно низкие значения порога коагуляции свидетельствуют о нецелесообразности совместного введения электролитов-замедлителей и суперпластификатора.

Для изучения изменения подвижности бетонных смесей во времени фиксировали осадку конуса через определенные промежутки времени при заданной температуре. На первом этапе исследовали кинетику изменения подвижности при нормальной температуре для бетонных смесей с одинаковой начальной осадкой конуса (22—24 см) при различных V/C . В качестве исходных материалов использовали чистоклинкерный среднеалюминатный портландцемент, средний и мелкий кварцевый песок с водопотребностью соответственно 7,5 и 11,5% и гранитный щебень фракции 5—20 мм с водопотребностью 2,7%. Добавки ПФМ вводили в воду затворения в оптимальном количестве. На втором этапе изучали влияние минералогического и вещественного состава цементов на потерю подвижности бетонных смесей с добавками ПФМ. Третий этап заключался в установлении влияния времени и температуры на подвижность бетонных смесей.

Анализируя результаты, можно отметить, что добавки ПФМ, содержащие замедлители схватывания, во всех случаях существенно изменяют кинетику потери подвижности бетонными смесями. Наиболее сильное стабилизирующее действие оказывают сахаросодержащие ПАВ, наименьшее — ПАВ лигносульфонатного типа. Если при нормальной температуре в течение 30 мин с момента затворения литая смесь без добавок теряет подвижность на 4—6 см, с добавкой С-3 — на 6—10 см, то добавки ПФМ в течение этого времени обеспечивают практически неизменную подвижность смеси. С помощью сахаросодержащих ПФМ удается увеличить период стабильной подвижности литых смесей до 1—1,5 ч, в то время как смеси, содержащие только суперпластификатор СП, снижают за это время подвижность в 2 раза и более.

Литые смеси с СП теряют подвижность заметно быстрее, чем смеси с одинаковой начальной подвижностью без суперпластификатора, что объясняется значительно большей водопотребностью смесей без суперпластификатора. Этот вывод не характерен для смесей с некоторыми добавками ПФМ. При сопоставимых условиях, т. е. одинаковом начальном водосодержании, одном и том же виде исходных материалов и добавок, по мере снижения водосодержания скорость потери подвижности увеличивается. При различной водопотребности заполнителей для приведения в сопоставимые условия бетонных смесей необходимо определение V/C цементного теста в бетонной смеси, $(V/C)_{н.г}$, сложившегося к моменту выравнивания термодинамических потенциалов влагопереноса в бетонной смеси. Для вычисления $(V/C)_{н.г}$ рекомендуется использовать формулу, позволяющую учитывать кроме общего V/C , водопотребности заполнителей и состава бетонной смеси нормальную густоту цементного теста $K_{н.г}$ [3]. V/C цементного теста в бетонной смеси, найденное при учете иммобилизации воды заполнителями, является более точным

№ состава	Начальное водосодержание смеси, кг/м³	Добавка	Нормальная густота теста, %	$(V/C)_{н.г}$	Подвижность смеси, см, через τ , с			
					5	30	60	90
1	170	—	25,4	0,281	5	3	1	0
2	210	—	25,4	0,347	22	18	15	11
3	170	С-3	21,5	0,256	23	16	12	8
4	170	С-3 + Na ₂ (PO ₄) ₂	21,5	0,256	22	20	17	15
5	170	С-3 + Na ₂ B ₄ O ₇	21,8	0,258	23	20	18	14
6	170	С-3 + СДБ	20,8	0,252	23	19	16	12
7	170	С-3 + КО СЖК	21,2	0,259	20	19	16	13
8	170	С-3 + КП	20,9	0,252	21	21	18	15
9	170	С-3 + МС	20,9	0,252	20	20	18	15
10	170	С-3 + ИСС	21,5	0,256	21	20	18	14
11	190	—	25,4	0,235	5	2	0	0
12	230	—	25,4	0,317	22	16	13	10
13	190	С-3	21,5	0,21	24	15	11	6
14	190	С-3 + Na ₂ (PO ₄) ₂	21,5	0,21	23	19	16	14
15	190	С-3 + Na ₂ B ₄ O ₇	21,8	0,213	24	20	15	13
16	190	С-3 + СДБ	20,8	0,207	25	18	14	11
17	190	С-3 + КО СЖК	21,9	0,213	20	18	13	10
18	190	С-3 + КП	20,9	0,208	22	20	16	14
19	190	С-3 + МС	20,9	0,208	22	28	16	14
20	190	С-3 + ИСС	21,5	0,212	22	21	17	15

Примечание. Водопотребность песка составов 1—10,75%, остальных — 11,5%.

Таблица 2

Цемент	A_1	A_2	K при t , равном, °С			
			20	30	40	50
Низкоалюминатный	0,9	1,4/9,5*	1	0,79	0,60	0,45
Среднеалюминатный	0,8	1,3/12,5	1	0,71	0,55	0,41
Высокоалюминатный	0,7	1,1/14,0	1	0,65	0,50	0,37
Среднеалюминатный с добавкой 20% шлака	0,9	1,5/9,0	1	0,75	0,57	0,40
То же, с добавкой 20% опоки	0,7	1,2/14,0	1	0,66	0,48	0,35

* Перед чертой — при $(V/C)_{н.г} > K_{н.г}$, после черты — при $(V/C)_{н.г} \leq K_{н.г}$.

физическим критерием при прогнозировании скорости снижения подвижности бетонной смеси во времени, чем начальное водосодержание (табл. 1).

Кривые снижения подвижности литых бетонных смесей с добавками ПФМ можно разбить на два этапа — относительной стабильности и прогрессирующего снижения подвижности. Периоды снижения подвижности и относительной стабильности тесно скоррелированы при прочих равных условиях с началом схватывания цемента и периодом формирования структуры на кривых пластической прочности. Аллюминатность цементов хотя и сказывается на снижении подвижности бетонных смесей с добавками ПФМ, но в значительно меньшей мере, чем без добавок или с добавкой одного суперпластификатора.

При 30°С в бетонных смесях без добавок и с добавкой С-3 подвижность уменьшается почти линейно при незначительной относительной стабильности. Введение ПФМ, особенно сахаросодержащего типа, позволяет при 30°С сохранить период относительной стабильности литых бетонных смесей. Этот вывод очень важен при производстве работ в сухую и жаркую погоду, когда

температура бетонной смеси достигает 30°С.

При температуре выше 30°С практически отсутствует период относительной стабильности подвижности бетонных смесей со всеми исследованными добавками, хотя начальная подвижность с добавками ПФМ и оказывается выше.

Для практики необходимы сведения о снижении подвижности бетонной смеси во времени, позволяющие вносить коррективы при назначении начальной подвижности и определять допустимую продолжительность транспортирования бетонной смеси. В результате обработки полученных данных установлено, что для ориентировочных подсчетов времени снижения подвижности литой бетонной смеси с начальной О.К. = 24 см (в интервале относительной стабильности 24—16 см) на каждые 2 см (τ) может быть использована формула

$$\tau = \frac{K_T [A_1 \tau_{н.г} + A_2 (V/C)_{н.г} - K_{н.г}]}{12}$$

где $\tau_{н.г}$ — время начала схватывания цемента; A_1 , A_2 — коэффициенты, учитывающие влияние особенностей исходных материалов; K_T — коэффициент, характеризующий влияние температуры (табл. 2).

В реальных производственных условиях на скорость снижения подвижности, очевидно, будут влиять условия транспортирования бетонной смеси, испарение воды и другие факторы. В связи с этим применительно к конкретным условиям желательна корректировка коэффициентов в приведенной формуле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добавка для бетонных смесей — суперпластификатор С-3 / Ф. М. Иванов, В. М. Москвин, В. Г. Батраков и др. — Бетон и железобетон. 1978, № 10.
2. Применение суперпластификаторов в бетоне / В. Г. Батраков, Ф. М. Иванов, Е. С. Силина и др. М., ВНИИС, 1982.
3. Дворкин Л. И. Оптимальное проектирование составов бетона. Львов, Вища школа, 1981.

Л. И. ОСТРАТ, инж., И. Г. ОРЛОВА, д-р техн. наук, проф.,
К. К. ЭСКУССОН, канд. техн. наук (НИПСиликатобетон)

Повышение ударостойкости сланцезольного газобетона

Несмотря на большое число работ, посвященных повышению прочностных показателей газобетона, ударостойкость в зависимости от фазового состава межпорового вещества изучена недостаточно. Низкая ударостойкость ячеистого бетона вызывает часто повреждение углов, ребер изделий при их транспортировании, складировании, монтаже, а также откалывание ребер и углов при фрезеровании.

Авторы изучили ударостойкость сланцезольного газобетона в зависимости от содержания гидросиликатов в веществе межпоровых перегородок. Ударостойкость ячеистого бетона оценивали комплексным показателем $H_{р.и} = R_{р.и} \frac{\epsilon_{р.и.у}^{пред}}{\epsilon_{р.и}^{ст}}$, включавшим прочность на растяжение при изгибе $R_{р.и}$ и предельную упругую деформацию $\epsilon_{р.и.у}^{пред}$ и пропорциональным площади диаграммы деформации растяжения при изгибе. Правомочность принятой оценки была подтверждена при определении R и ϵ при скоростях нагружения 15—20 с (статические испытания) и 1—1,5·10⁻² с (удар) на большом числе газобетонных образцов (около 90 серий, в каждой 6—32 образца), отличающихся составом вяжущего и другими параметрами технологии. В результате установлено, что отношения $\frac{R_{р.и}^{уд}}{R_{р.и}^{ст}} = 1,014$;

$\frac{\epsilon_{р.и.у}^{пред.уд}}{\epsilon_{р.и.у}^{пред.ст}} = 1,012$ с коэффициентами вариации соответственно 5,8 и 8,7%, т. е. расхождение не превышало 1,5%. Кроме того, отмечалась линейная зависимость между определенным при статических испытаниях на изгиб показателем ударостойкости $H_{р.и}$ и энергией удара падающего груза, разрушающей балочку того же сечения при изгибе ($\eta = 0,953$).

Образцы из газобетона готовили с использованием среднезернистой золы Прибалтийской ГРЭС и зол ТЭЦ Мяннику с колебаниями по содержанию СаО — 40,94—52,16 (в том числе СаО_{акт} — 14,94—28,32); SiO₂ — 29,7—33,71 (в том числе SiO₂ растворимый — 12,38—19,84); SO₃ сульфатный — 3,85—5,51; нерастворимый остаток — 14,21—21,05.

Золу измельчали до $S_{уд} \approx 3500$ см²/г, а кварцевый песок карьера Мяннику сухим способом до $S_{уд} 2500$ см²/г (по ПСХ-2). Соотношение золы и песка в исходных смесях варьировали от 80/20 до 40/60.

Образцы-кубы с ребром 20 см заливали при $B/T \approx 0,45 \dots 0,52$ в зависимости от исходного состава смеси. Температура в момент заливки составляла 45,5—58°C. Образцы предварительно выдерживали в паровой камере при 85—90°C в течение 3—4 ч. Запаривание осуществляли под давлением 8 и 10 атм с выдерживанием 7 и 9 ч. Образцы к испытанию подготавливали по методике [1] с использованием установок [2].

О фазовом составе образцов судили по содержанию растворимого в 3%-ном растворе HCl оксида кремния, который является показателем содержания преимущественно гидросиликатов, и интенсивности (высоте) линии тоберморита с $d/n = 1,13$ нм. Следует отметить, что, судя по дифрактограммам, определяющей гидросиликатной фазой был тоберморит, хотя C—S—H также присутствовал и имел высокую степень кристалличности.

Из рис. 1 видно, что показатель ударостойкости возрастает с повышением содержания растворимого оксида кремния и особенно с увеличением высоты линии тоберморита. Разброс значений показателя ударостойкости, по-видимому, связан как с дефектами и несовершенством самой кристаллизационной

Рис. 1. Зависимость показателя ударостойкости образцов газобетона от содержания в них растворимого SiO (а) и высоты линии тоберморита с $d/n = 1,13$ нм (б)

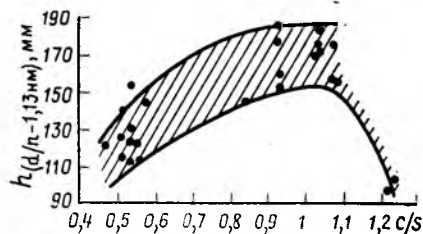


Рис. 2. Зависимость высоты линии тоберморита $d/n = 1,13$ нм от молярного отношения C/S в тонкомолотой части исходной смеси

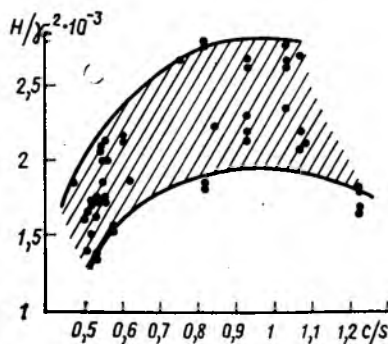


Рис. 3. Зависимость показателя ударостойкости от молярного отношения C/S в тонкомолотой части исходной смеси

структуры, так и с различиями в макроструктуре образцов газобетона [3, 4].

Содержание гидросиликатов (тоберморита) в газобетонных образцах при принятых параметрах технологии определялось золопесчаным отношением в исходной смеси и составом использованных зол. Поэтому для выявления зависимости содержания тоберморита от исходного состава последний характеризовали молярным отношением C/S в наиболее реакционно-способной (тонкомолотой) части шихты, к которой, как показали петрографические исследования, в принятых условиях могли быть отнесены полностью зольный компонент и часть кварцевого песка (фракция ниже 40—50 мкм).

Как следует из рис. 2, наибольшая высота линий тоберморита соответствует образцам с отношением C/S в тонкомолотой части исходной смеси $\approx 0,85$ —1,07, им же соответствуют более высокие значения ударостойкости (рис. 3). Указанное отношение C/S имели составы, имевшие ≈ 60 —65% золы при содержании в золе СаО на уровне 42—45%, в том числе СаО_{акт} — 16—19%.

Исходя из полученных результатов на Нарвском комбинате строительных мате-

риалов ($S_{уд.золы} = 3000$ см²/г, песка — 1600 см²/г, автоклавная обработка при 8 атм в течение 5 ч) выпущена опытная партия мелких блоков с соотношением золы и песка (60—65)/(40—45) с объемной массой 600 кг/м³, марочной прочностью 35 и показателем ударостойкости $2,03 \cdot 10^{-3}$. Заводские составы имели 50% золы, объемную массу 700 кг/м³, марочную прочность 50 с показателем ударостойкости $1,5 \cdot 10^{-3}$ Дж/см³. Таким образом, вследствие повышения содержания тоберморита при увеличении зольного компонента в составе смеси до 60—65% можно получить в заводских условиях газобетон с повышенной в 1,35 раза ударостойкостью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Острат Л. И., Эскуссон К. К. Об изменении некоторых прочностных и деформативных свойств газосилката при старении. — В кн.: Долговечность конструкций из автоклавных бетонов. Тезисы докладов на IV республиканской конференции. Таллин, НИИ строительства, 1981.
2. Острат Л. И. Испытательные установки с измерительными системами для исследования прочности и деформативности бетона. — В кн.: Исследования по строительству. Напряжения в бетоне. Испытания конструкций. Таллин, НИИ строительства, 1981.
3. Влияние качества макропористой структуры ячеистого бетона на его прочность и морозостойкость / А. Т. Баранов, К. И. Бахтияров, Т. А. Ухова и др. — В кн.: Вопросы технологии ячеистых бетонов и конструкций из них. М., Стройиздат, 1972.
4. Чернышев Е. М., Баранов А. Т., Крохин А. М. Повышение качества ячеистых бетонов путем улучшения их структуры. — Бетон и железобетон, 1977, № 1.

В. Р. ИСРАЕЛЯН, канд. техн. наук, З. А. АБУЕВА, канд. хим. наук,
Л. Б. БАГДАСАРЯН, канд. техн. наук (НИИ строительства и архитектуры Госстроя
АрмССР)

Выбор материалов для растворной составляющей легких бетонов

Долговечность железобетонных конструкций, как известно, связана со способностью сохранения высокой щелочности бетона как среды, предохраняющей стальную арматуру от коррозии. Понижение щелочности, вызванное уменьшением количества $\text{Ca}(\text{OH})_2$, может происходить вследствие взаимодействия с кислотными газами агрессивной среды, а также в результате связывания извести пористыми вулканогенными заполнителями (пуццоланизирующий эффект).

Ниже рассмотрены вопросы, связанные с уменьшением количества $\text{Ca}(\text{OH})_2$ только химически активным заполнителем бетона. Исследование проводили по специально разработанной методике дериватографического определения количества гидроксида кальция непосредственно в затвердевших образцах растворной составляющей бетона. Необходимость разработки методики была обусловлена тем, что существующие химические методы обладают рядом недостатков. Они основаны на экстрагировании $\text{Ca}(\text{OH})_2$ различными растворителями. Однако применяемые растворители наряду со свободным гидроксидом кальция в какой-то мере затрагивают и гидросиликаты кальция, что приводит к искажению результатов. Кроме того, значительное влияние на определяемое количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ оказывает и зерновой состав препарата. Сушка образцов для их измельчения и просева связана с большими трудностями, и сегодня нет общепринятого метода сушки цементного камня [1]. Что касается разработанной нами методики, то она позволяет даже при небольших содержаниях $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (до 0,3%) определять его с достаточной точностью практически независимо от измельчения пробы.

Параллельное определение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ по разработанной нами дериватографической методике и химическое (этиленгликолем методом) [2] в образцах цементного камня и мелкозернистого бетона наглядно показало, что зерновой состав препаратов сильно влияет на результаты химического и практически не влияет на результаты дериватографического определения (табл. 1).

Кроме того, проводили исследование влияния времени экстрагирования и величины навески на результаты химического определения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в цементном камне и мелкозернистом бетоне, которое выявило нестабильность получаемых результатов, в то время как результаты дериватографии были достаточно стабильны.

Влияние активности мелких фракций пористого заполнителя на содержание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в растворной части бетона исследовалось дериватографическим методом на образцах-моделях, где наиболее интенсивно проявляется влияние заполнителей за счет мелких фракций, особен-

но пылевидной (проход сквозь сито № 014). Образцы готовили из клинкерного цемента Араратского ЦШК и вулканических песков — пемзы литойной Лусаванского, туфов Ахавнатунского и Арктического месторождений. Эталонном служил вольский кварцевый песок, практически не обладающий активностью.

Соотношение цемента и песка 1:1 примерно соответствовало их соотношению в растворной части легкого бетона (с учетом пылевидной фракции песка, содержание которой по ГОСТ 9758—73 [3] допускается до 30%, а также активной минеральной добавки цемента). Следует отметить, что соотношение 1:1 отображает наиболее благоприятную ситуацию, когда цемента в смеси довольно много.

Результаты показали, что более 30% выделившегося гидроксида кальция связывается песками литойной пемзы и ахавнатунского туфа, в то время как песок арктического туфа связывает всего 11,4% $\text{Ca}(\text{OH})_2$. О количестве связанной извести судили по разности между содержанием $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в образцах на кварцевом песке и на песках исследуемых

Таблица 1

Образец	Просе-яно через сито	Метод определения	
		дериватографический	этиленгликолевый
Цементный камень	№ 02	9,79	7,89
	№ 008	9,66	10,36
Мелкозернистый бетон	№ 02	6,74	5,77
	№ 008	6,87	7,70

Примечание. Приведены средние значения пяти параллельных определений.

Таблица 2

Заполнитель	Свободное $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в образце, %	Связанное $\text{Ca}(\text{OH})_2$, % к выделившемуся количеству
Пемза лусаванская	5,45	35,1
Туф ахавнатунский	5,70	32,1
Туф арктический	7,44	11,4
Кварцевый песок	8,40	—

Таблица 3

Состав смеси	Свободное $\text{Ca}(\text{OH})_2$, % после	
	пропаривания	28 сут нормального твердения
Цемент клинкерный	15,1	16,19
Цемент + 10 % анииской пемзы	10,19	14,12

заполнителей после гидротермальной обработки (табл. 2).

Влияние активной минеральной добавки на содержание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в цементном камне исследовали на составе с пемзой Анииского месторождения, которая обычно используется на Араратском ЦШК в качестве активной минеральной добавки. Количество гидроксида кальция определялось в затвердевших образцах чистого клинкерного цемента и цемента с добавкой 10% анииской пемзы (совместный помол), пропаренных и после нормального твердения в течение 28 сут. Результаты дериватографического определения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в образцах цементного камня (табл. 3) показали, что 10% анииской пемзы в условиях пропарки поглощают более 30% выделившейся при гидратации цемента извести, а в условиях нормального твердения — более 10% после 28 сут.

Полученные данные наглядно свидетельствуют о том, насколько существенно может быть снижено содержание гидроксида кальция в бетоне с активными вулканическими пористыми песками и активной добавкой в цементе при гидротермальной обработке. Однако повысить защитную способность легких бетонов на пористом заполнителе по отношению к арматуре можно, не прибегая к антикоррозионным мероприятиям, заменив активные пески менее активными, например песками арктического туфа.

Таким образом, количественная оценка активности заполнителя становится настоятельной необходимостью. Существующие методики определения количества связываемой извести заполнителем (по п. 6 ГОСТ 9758—77 [3] и предложенная НИИЖБ [4]) основываются фактически на одном из методов определения активности минеральных добавок к портландцементу, но при термообработке. Именно это обстоятельство приводит к искажению результатов, так как не учитывается химическая активность стеклянной посуды, в которой при 95—100°C проводят опыт. Использование этих методик приводит к получению завышенных величин активности пористых песков.

Нами была разработана методика определения активности заполнителя в зависимости от содержания реакционно-способных компонентов SiO_2 и Al_2O_3 заполнителя с последующим расчетом количества связанной мг CaO 1 г заполнителя. Преимущество предлагаемой методики — в возможности полностью выявить химическую активность заполнителя. Это достигается тем, что благодаря избытку извести в жидкой фазе всегда насыщенный раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Погрешность за счет активности стекла посуды поддается учету и составляет примерно 5% в отличие от [4], где она равна более 70%, а при определении по [3] из-за нарушения условий титрования результаты искажаются (например, при «холостом» опыте снижение концентрации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ больше, чем в сосудах с активными заполнителями).

Активность мелких фракций (0—0,14 мм) некоторых природных и искусственных песков в мг $\text{CaO}/\text{г}$ приведена

ниже.

Пемза лусаванская	81,5
Туф ахавнатунский	78,0
Туф арктический	35,0
Перлит вспученный	215,0
Керамзит Бескудниковского завода	233,4
Керамзит Ляпозовского завода	91,0
Кварцевый песок	17,1

Как видно из этих данных, искусственные пористые пески обладают большей активностью, чем вулканические. Поэтому учет активности мелких фракций песков и активности минеральной добавки к цементам важен не только для железобетона с природными заполнителями, но в большей степени для бетонов на искусственных пористых заполнителях с цементами, в состав которых входят активные минеральные добавки осадочного происхождения типа диатомита и трепела.

Выводы

Непосредственное определение содержания гидроксида кальция в растворных образцах позволило установить, что пемза и ахавнатунский туф связывают более 30% выделившейся при гидротермальной обработке извести, а арктический — всего 11%. Таким образом, используя менее активные пески, можно значительно повысить содержание гидроксида кальция в легком бетоне даже в условиях пропаривания.

В бетонах с активными вулканическими заполнителями и цементом с активной минеральной добавкой снижение содержания $\text{Ca}(\text{OH})_2$ будет происходить за счет активного заполнителя, а также минеральной добавки.

Активность пористых заполнителей необходимо определять по предлагаемой методике, так как она позволяет исключить искажение результатов.

Необходимо пересмотреть п. 6 ГОСТ 9758—77 и прил. 4 [4] и внести в них соответствующие изменения.

Искусственные пористые заполнители при гидротермальной обработке обладают большей активностью, чем пемзы и туфы; кроме того, активность минеральных добавок осадочного происхождения к цементам типа диатомита и трепела более чем вдвое превосходит активность вулканических добавок, поэтому в бетонах с заполнителями такого типа и цементом количество гидроксида кальция снижается гораздо больше.

При подборе состава легких бетонов для железобетонных конструкций промышленного производства для эксплуатации в агрессивных средах необходимо использовать менее активные пористые пески, например арктический туф, и менее активные минеральные добавки к цементу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рамачандран В. С. Применение дифференциального термического анализа в химии цементов. М., 1977.
2. Курбатова И. И. Современные методы химического анализа строительных материалов. М., 1972.
3. ГОСТ 9758—73. Заполнители пористые неорганические для легких бетонов. Пористые пески. Бетон и железобетонные изделия, ч. 1. М., 1980.
4. Руководство по обеспечению сохранности арматуры в конструкциях из бетона на пористых заполнителях в агрессивных средах / НИИЖБ Госстроя СССР. М., 1979.
5. Степанова В. Ф. Бетоны на природных пористых заполнителях для агрессивных сред. — Бетон и железобетон, 1983, № 2.

Арматура

УДК 691.87:693.554:003:13

И. А. БРАУН, инж., Ю. А. МАМОНТОВ, канд. техн. наук
(Казахский химико-технологический ин-т)

Оценка эффективности периодического профиля арматуры

Общепризнано, что надежная анкеровка арматуры в бетоне обеспечивается периодическим профилем. Вместе с тем именно периодический профиль ухудшает некоторые показатели арматуры, в том числе и ее экономичность. Для экономии металла и арматуры этот показатель необходимо учитывать еще на стадии разработки новых профилей.

В результате теоретических и экспериментальных исследований* установлено, что металл в поперечных выступах арматуры при растяжении стержня имеет меньшее напряжение, чем металл сердечника (рис. 1). Эта разница в основном зависит от направления выступов:

$$\sigma_{\text{выст}} = \sigma_{\text{серд}} \cos^2 \alpha, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{выст}}$, $\sigma_{\text{серд}}$ — напряжение соответственно в поперечных выступах и в

* Браун И. А., Мамонтов Ю. А., Невский В. А., Давидян Р. Э. Исследование работы арматуры для железобетонных изделий. — В кн.: Новые виды арматуры и ее сварка. М., 1982.

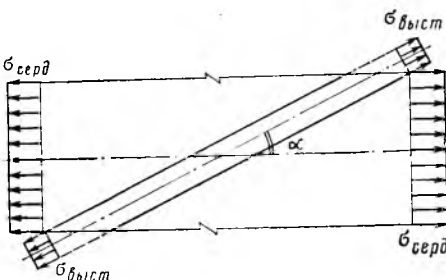


Рис. 1. Напряженное состояние металла выступов и сердечника арматурного стержня при его растяжении

сердечнике арматуры; α — угол между осями поперечных выступов и арматуры.

Среднее напряжение в арматурном стержне $\sigma_{\text{арм}}$, которое обычно определяется при его растяжении, зависит при прочих равных условиях от угла между осями поперечных выступов и арматуры α , а также от доли металла, приходящейся на выступы:

$$\sigma_{\text{арм}} = \sigma_{\text{серд}} \left[1 - \frac{V_{\text{выст}}}{V_{\text{арм}}} (1 - \cos^4 \alpha) \right], \quad (2)$$

где $V_{\text{выст}}$, $V_{\text{арм}}$ — объемы соответственно выступов и арматурного стержня.

Выражение, представленное в квадратных скобках, определяет конструктивный коэффициент экономической эффективности периодического профиля арматуры

$$K_{\text{э.э.пр}} = 1 - \frac{V_{\text{выст}}}{V_{\text{арм}}} (1 - \cos^4 \alpha). \quad (3)$$

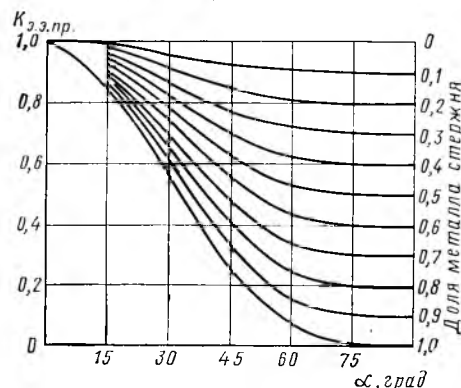


Рис. 2. Номограмма для определения коэффициента экономической эффективности профиля

Класс арматуры	Диаметр стержней, мм	Доля металла выступов, %	Экспериментальные данные		Расчетные данные	$K_{\text{э.э.пр}}$
			$\sigma_{\text{т. серд}}$, МПа	$\sigma_{\text{т. арм}}$, МПа	$\sigma_{\text{т. арм}}$, МПа	
A-II	10	14,6	450	354	361	0,8024 0,9035
	22	8,0	422	380	381	
A-III	12	13,4	535	438	443	0,8284 0,8824 0,9075 0,8764
	14	9,5	476	418	420	
	16	6,6	466	423	422	
	18	10,7	446	389	390	
A-IV	20	7,0	610	558	563	0,9246

Примечание. Отсутствие строгой зависимости доли металла выступов от диаметра арматуры объясняется выработкой прокатных валков.

Из номограммы для определения $K_{э.э.пр}$ (рис. 2) видно, что у арматурных стержней с небольшой долей металла, приходящегося на выступы, $K_{э.э.пр}$ высокий, а влияние угла α незначительно. Напротив, у стержней с большой долей металла выступов их направление сильнее влияет на значение $K_{э.э.пр}$. Это подтверждают экспериментальные данные, представленные в таблице. Здесь же даны значения пределов текучести арматурных стержней трех классов и нескольких диаметров, рассчитанных по формуле (2). Эти данные хорошо сходятся с преде-

лами текучести, полученными при испытании стержней.

Для общего случая формула (3) имеет вид

$$K_{э.э.пр} = 1 - \sum_{\alpha=0}^{\pi/2} \frac{V_{выст}}{V_{арм}} (1 - \cos^4 \alpha). \quad (4)$$

По этой формуле можно рассчитать предлагаемый коэффициент для арматуры любого периодического профиля. При этом для определения объемов арматурных стержней и выступов периодического профиля можно реко-

мендовать специально разработанный авторами прибор**.

Предлагаемая методика определения $K_{э.э.пр}$ позволит оценить существующие и проектируемые профили отечественной и зарубежной арматуры по одному из основных показателей — полноте вовлечения металла стержня в работу, т. е. ее экономичности.

** А с. № 932249. Прибор для определения объема отрезков определенной длины длинномерных предметов. И. А. Браун, Ю. А. Мамонтов. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1982, № 20.

УДК 691.87:691.714

Ю. Т. ХУДИК, канд. техн. наук (ВНИИмехчермет); И. Н. СУРИКОВ, инж. (НИИЖБ); А. В. ИВЧЕНКО, канд. техн. наук, О. А. ЧАЙКОВСКИЙ, инж. (Днепропетровский металлургический ин-т); О. В. ФИЛОНОВ, канд. техн. наук (Криворожский металлургический з-д)

Свариваемая термомеханически упрочненная арматурная сталь класса Ат-IVC

В настоящее время весьма перспективна и эффективна для армирования железобетона свариваемая сталь класса Ат-IVC ($\sigma_B \geq 850$ МПа, $\sigma_{0,2} \geq 600$ МПа, $\delta_5 \geq 9\%$), которую можно применять в качестве обычной и преднапряженной рабочей арматуры в изгибаемых, центрально- и внецентренно-сжатых железобетонных конструкциях вместо арматурной стали класса А-IV марок 80С и 20ХГ2Ц [1].

Технологию термомеханического упрочнения стержневой арматурной стали марки 25Г2С диаметром 20—28 мм на класс Ат-IVC отработывали на действующей установке, расположенной в потоке мелкосортного стана 250-5 Криворожского металлургического комбината. Термомеханическое упрочнение низколегированной стали, содержащей 0,21—0,29% углерода, 1,10—1,32% марганца и 0,69—0,8% кремния, заключается в прерванной закалке арматурных стержней быстродвижущимися потоками воды с температуры конца прокатки 1050—1070°C в течение 1,8—3,5 с (в зависимости от диаметра стержней и скорости их перемещения через установку) и последующем их самоотпуске (рис. 1).

Опытными прокатками по различным режимам были определены технологические параметры упрочнения (табл. 1), обеспечивающие получение требуемого уровня механических свойств стержней. Был организован выпуск промышленных партий стали при незначительных эксплуатационных расходах на упрочнение (до 1,5—2 р/т).

Изучение макроструктуры упрочненной стали (рис. 2) показало, что по сечению стержней наблюдаются две зоны — внешнее кольцо и внутренний круг с переходным участком. В поверхностных слоях структура представляет собой отпущенный мартенсит, в переходной ча-

сти — мартенсит отпуска и бейнит, в центральной — бейнит с выделением перлита по границам зерен. Это обусловлено различной скоростью и степенью охлаждения поверхностных и внутренних слоев металла арматурных стержней.

Распределение твердости по сечению упрочненных арматурных стержней согласуется с распределением и характером структур в различных зонах. На поверхности стержней твердость максимальна и снижается к их центру. Твердость поверхностных слоев стержней почти одинакова независимо от прочност-

ных характеристик, однако в центральной зоне она различна. С понижением исходного уровня прочности снижается твердость металла центральной зоны. При этом она остается выше твердости стали марки 25Г2С в горячекатаном состоянии. Повышение прочностных свойств до уровня класса Ат-IVC обеспечивается совместным упрочнением металла по всему сечению стержней.

Первые пять промышленных партий арматурной стали класса Ат-IVC общей массой около 260 т были направлены на Броварский заводостроительный комбинат для испытаний в натурных конструкциях и дальнейшей переработки. Стендовые испытания образцов стали из этих сплавов проводили в НИИЖБ.

Механические свойства арматурной стали в состоянии поставки и после электронатгрева исследовали в соответствии с требованиями ГОСТ 12004—81. Во время испытаний определяли сопротивление малым пластическим деформациям (условный предел упругости $\sigma_{0,02}$, $\sigma_{0,05}$, $\sigma_{0,1}$), условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, напряжение при неупругой пластической деформации 0,5% ($\sigma_{0,5}$), временное сопротивление σ_B , начальный модуль упругости E_a и относительное общее и равномерное удлинение δ_5 и δ_r .

Таблица 1

Номинальный диаметр профиля, мм	Скорость прокатки, м/с	Давление воды, МПа		
		в блоке охлаждения	1—2 форсунок	3—5 форсунок
20	14,0—15,0	1,0—1,5	1,2	1,8
22	11,5—13,0	0,8—1,0	1,0	1,8
25	10,0—11,5	1,2—1,5	1,8—2,0	0,7—1,0
28	7,5—9,0	1,2—1,5	1,8—2,0	0,7—1,0

Примечание. Температура охлаждающей воды не более 45°C. Число включенных насосов 4.

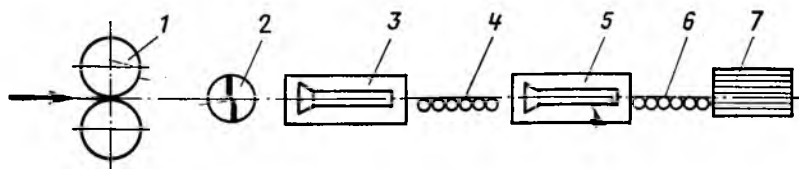


Рис. 1. Схема технологического процесса термомеханического упрочнения низколегированной кремнемарганцевистой стали на класс Ат-IVC

1 — чистовая клеть; 2 — летучие ножницы; 3 — блок предварительного охлаждения; 4 — промежуточный роляганг; 5 — блок глубокого охлаждения (5 форсунок); 6 — отводящий роляганг; 7 — холодильник

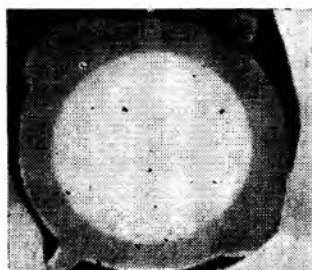
Таблица 2

Показатель	\bar{M}	S	$\bar{M} + 1,64 S$	$\bar{M} - 1,64 S$	S/\bar{M}
$\sigma_{0,02}$, МПа	633,6	51,7	738,4	568,8	0,0791
$\sigma_{0,2}$, МПа	872,8	48,0	951,56	794,14	0,054
σ_B , МПа	1000,7	62,0	1102,4	899,02	0,0619
δ_5 , %	15,38	3,8	21,6	9,15	0,24
δ_p , %	3,28	0,46	4,04	2,53	0,139
$E_H \cdot 10^3$, МПа	1,982	0,012	2,002	1,97	4,44

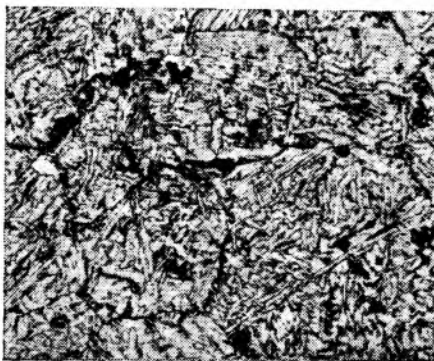
Таблица 3

Состояние арматурной стали	$\sigma_{0,02}$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	δ_p , %
Исходное	594—724	791—935	903—1087	14,5—15,9	3—4
После электроннагрева	654—784	837—1005	927—1160	17,3—18,6	5—6

а)



б)



в)

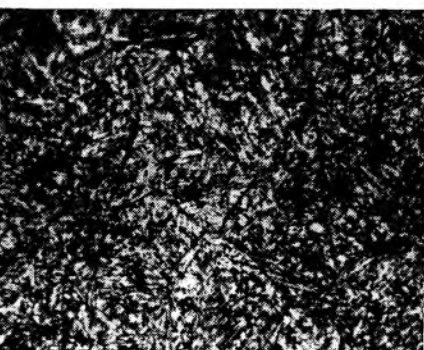


Рис. 2. Макро- (а) и микроструктура (б, в) арматурной стали марки 25Г2С класса Ат-IV [б — поверхностные, в — центральные зоны по сечению стержня ($\times 500$)]

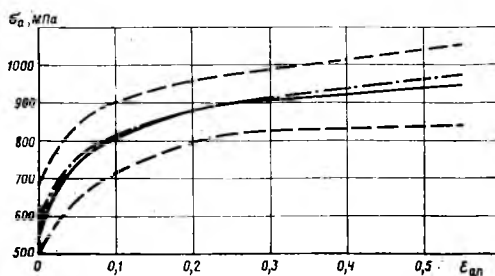


Рис. 3. Среднестатистическая диаграмма условно-мгновенных пластических деформаций стали класса Ат-IVC марки 25Г2С диаметром 22 мм

— опытная кривая; — — — расчетная кривая; — · — · — границы доверительного интервала с вероятностью $P=0,9$

По результатам испытаний методом сумм определяли средние значения механических свойств (\bar{M}) и характеристики их изменчивости: среднеквадратическое отклонение (S) и коэффициент вариации (отношение S/\bar{M}).

Результаты испытаний 60 образцов арматурной стали класса Ат-IVC марки 25Г2С диаметром 22 мм и их статистической обработки приведены в табл. 2.

Отношения $\sigma_{0,2}/\sigma_B$ и $\sigma_{0,02}/\sigma_{0,2}$ у термомеханически упрочненной стали класса Ат-IVC в состоянии поставки составляют соответственно 0,87 и 0,75. Механические свойства исследуемых образцов отвечают требованиям ГОСТ 10884—81, предъявляемым к стали класса Ат-IVC.

Влияние контактного электроннагрева на механические свойства термомеханически упрочненной арматурной стали класса Ат-IVC изучали на заводской установке при электроннагреве до 400—450°C. Время нагрева составляло 4—6 мин. Температуру контролировали хромель-алюмелевыми термопарами, а также по удлинению. В табл. 3 представлены результаты испытаний арматурной стали до и после контактного электроннагрева.

Из этих данных видно, что после контактного электроннагрева до 400—450°C временная сопротивляемость превышает

исходные значения на 5%. Условный предел упругости после нагрева до 400—450°C увеличивается на 8—10%, а условный предел текучести — на 6—8% по сравнению с исходными результатами. При этом значения пластичности δ_5 и δ_p увеличиваются соответственно на 19 и 50%.

По данным результатов испытаний механических свойств методом сумм и моментов составляли уравнение среднестатистической диаграммы растяжения стали, которое является одной из важных характеристик упругопластических свойств высокопрочной арматурной стали, не имеющей площадки текучести [2]:

$$\epsilon_a = \frac{\sigma_a}{E_a} + m \left(\frac{\sigma_a}{\sigma_{0,2}} - \eta \right)^n,$$

где E_a — начальный модуль упругости; σ_a — текущее напряжение; ϵ_a — условно-мгновенная пластическая деформация при напряжении; η — экспериментально определяемый параметр упругости.

На рис. 3 представлена среднестатистическая диаграмма опытных и аналитических значений результатов испытаний арматурной стали класса Ат-IVC диаметром 22 мм в исходном состоянии. При этом $\eta=0,64$, что соответствует среднестатистическим данным по стали класса Ат-V диаметром 16—22 мм [2]. Контактный электроннагрев до 400—450°C приводит к увеличению η до 0,8.

В производственных условиях проводили опыты по контактно-стыковой и контактно-точечной сварке арматурной стали класса Ат-IVC марки 25Г2С диаметром 22 мм по режимам, принятым для стали класса А-III марки 35ГС, на сварочной машине СМУ-150.

После контактно-стыковой сварки на разрыв временное сопротивление составляло не менее 800 МПа, что соответствует требованиям ГОСТ 10884—81. Во всех опытах разрыв происходил в зоне термического влияния и имел вязкий характер. Разупрочнение основного металла не превышает 5%. Опыты по высадке концевых и промежуточных анкеров показали, что прочность при разрыве была не менее 900 МПа. При контактно-точечной сварке разупрочнение отсутствует.

Выводы

С помощью прерванной закалки движущихся арматурных стержней из стали марки 25Г2С диаметром 20—28 мм в потоке мелкосортного стана 250-5 Криворожского металлургического комбината непосредственно с нагрева под прокатку можно получать термомеханически упрочненную свариваемую арматуру класса Ат-IVC по ГОСТ 10884—81. Выпущены промышленные партии этой стали.

Контактный электроннагрев до 400—450°C повышает прочностные свойства стали класса Ат-IVC марки 25Г2С на 5—10%, пластичность — на 20—50%.

Такую сталь рекомендуется использовать в качестве рабочей арматуры в преднапряженных железобетонных конструкциях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов К. В. Основные направления эффективного производства и применения арматуры. — Бетон и железобетон, 1982, № 12.
2. Мадатян С. А. Технология испытания арматуры и несущая способность железобетонных конструкций. М., Стройиздат, 1980.

Н. Г. СЕРЕДА, инж. (трест Стройиндустрия Минстройматериалов МССР);
А. П. ТЕРТЯК, инж. (завод ЖБИ и КПД № 4);
Н. М. РАМАЗАНОВ, И. Ф. РОТАРЬ, инженеры (МолдНИИСтромпроект);
Г. С. МИТНИК, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Формы-вагонетки с трехточечным опиранием

На Кишиневском заводе ЖБИ и КПД № 4 треста Стройиндустрия Минстройматериалов МССР проведена модернизация конвейера, на котором изготавливают панели наружных стен жилых домов серии 1-464МС10/1 (рис. 1). Основой модернизации явилась замена парка форм-вагонеток обычной конструкции формами-вагонетками с трехточечной схемой опирания. Замена позволила снизить металлоемкость оборудования и ликвидировать сбои в работе конвейера, вызываемые падением форм-вагонеток, которые нарушают ритм и снижают производительность линии.

Практика работы заводов с конвейерными линиями показывает, что основной недостаток этого вида производства — падение форм-вагонеток, которое, как правило, происходит в средней зоне туннельных камер и надолго останавливает работу конвейера. Вагонетки сходят с рельсов из-за неудовлетворительного состояния путей конвейера. Это обусловлено недостаточной точностью их монтажа, а также изменением в процессе эксплуатации положения рельсов в горизонтальной и вертикальной плоскостях, вызываемым главным образом деформацией опорных конструкций. Состояние путей в наибольшей степени неблагоприятно в середине камеры, где контроль за ними особенно затруднен.

Накопленный в течение многих лет заводами треста Стройиндустрия опыт по эксплуатации конвейерных линий убедительно свидетельствует, что без больших капитальных вложений привести пути в состояние, полностью исключающее падение форм-вагонеток, невозможно. Поэтому единственным выходом является оснащение конвейера формами-вагонетками с трехточечной схемой опирания.

Такая схема опирания форм обладает многими преимуществами по сравнению с опиранием на четыре колеса [1]. В частности, оно исключает искривления рабочей поверхности поддона при движении формы-вагонетки по путям конвейера, особенно заметное при переходе колес через стыки рельсов и стыки в местах схода с основного участка конвейера на подъемник-снижатель (передаточную тележку) и затем на пути туннельной камеры. Отсутствие искривлений рабочей поверхности поддона позволяет выпустить изделия без диагональных трещин, что часто происходит при их изготовлении в формах-вагонетках обычного типа. Таким образом, опирание в трех точках позволяет повысить качество изделий по таким важным параметрам, как отсутствие технологических трещин и величина отклонения от плоскостности их граней.

Особенно важно, что при трехточечном опирании исчезает опасность схода формы-вагонетки, так как в каждый момент времени она опирается на рельсы всеми колесами независимо от колебаний отметок головок рельсов, ширины стыка и перепада отметок смежных рельсов в стыке. При обычной схеме опирания появление зазора между головкой рельса и одним из колес и является одной из причин схода формы-вагонетки с рельсов.

Из возможных схем трехточечного опирания [2] принята апробированная СПКТБ «Кассетдеталь» конструкция формы-вагонетки, у которой два колеса расположены автономно, а два других объединены поперечной балкой [3]. С помощью горизонтальной оси балка соединяется с несущим каркасом поддона и передает вертикальную нагрузку на два расположенных по ее торцам колеса. В принятой схеме, рассчитанной на обычный двухрельсовый путь, трехточечная схема опирания осуществляется на два автономных колеса и горизонтальную ось.

Первая запроектированная МолдНИИСтромпроектom форма-вагонетка с трехточечной схемой опирания пущена в эксплуатацию в 1981 г. Затем конвейер был оснащен еще четырьмя формами-вагонетками. Во время эксплуатации они показали себя наилучшим образом — не было отмечено ни одного случая аварии. На основе успешного опыта их эксплуатации было решено заменить новыми конструкциями весь парк форм-вагонеток на конвейере, что и было осуществлено в течение 1982—1983 гг.

Всего для полного обеспечения конвейера было запроектировано 12 типов форм-вагонеток размером в плане 2,74 × 3,56 м, по этим проектам изготовлены 53 единицы оборудования. При идентичности основной конструктивной схемы новые формы-вагонетки в зависимости от вида изготавливаемого в них изделия отличаются решением торцового участка со стороны, где размещается поперечная балка. Если торцовый борт имеет вертикальную рабочую грань, он может быть выполнен неоткидным, и тогда решение

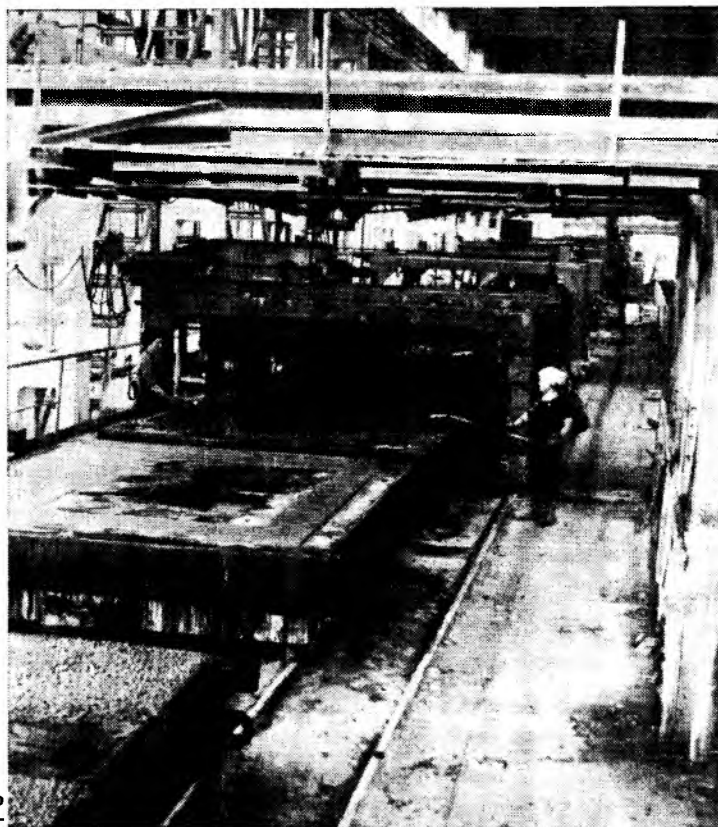


Рис. 1. Конвейер для изготовления панелей наружных стен

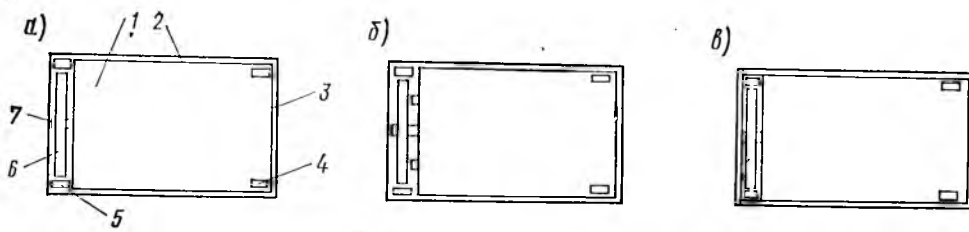


Рис. 2. Варианты конструктивного решения узла, обеспечивающего трехточечное опирание формы-вагонетки (вид сверху)

а — с короткой горизонтальной осью; б — с удлиненной осью; в — с осью, закрепленной в двух втулках; 1 — поддон; 2 — продольная наружная балка; 3 — то же, торцовая; 4 — колесо автономное; 5 — колесо, закрепленное к поперечной балке; 6 — поперечная балка; 7 — горизонтальная ось

торца не отличается от применяемого в поддоне-вагонетке (рис. 2, а). Если торцовый борт перед извлечением изделия из формы должен откидываться, возможны два варианта. При первом предусматривается горизонтальная ось увеличенной длины, ребра шарниров пропускаются между поперечной балкой и торцовой балкой поддона (рис. 2, б); при втором поперечная балка располагается между двумя балками поддона — торцовой и смежным с ней швеллером; все продольные балки, кроме наружных, выполняются укороченными, с тем чтобы они упирались в расположенный рядом швеллер (рис. 2, в). Очевидно, второй вариант приемлем только в тех случаях, когда ширина колеи меньше ширины поддона.

Во всех запроектированных формах-вагонетках помимо перехода на более рациональную схему опирания осуществлено еще одно конструктивное изменение. Вместо состоящей из продольных и поперечных швеллеров балочной решетки (рис. 3, а) принята раскосая из швеллеров или гнутых неравнополочных уголков, располагаемых под углом 45° к продольной оси (рис. 3, б). Применение раскосой решетки позволяет многократно повысить жесткость конструкции на кручение, а также заметно увеличить жесткость на изгиб, вследствие чего снижаются деформации во всех точках поддона, особенно сильно на свободных (неопертых) его углах. О том, насколько существенно в этом случае уменьшаются деформации поддона, свидетельствуют результаты испытаний форм-вагонеток старой и новой конструкций, а также модернизированной формы-вагонетки, у которой дополнительно к продольным и поперечным балкам вварены раскосы из полосы (рис. 3, в).

Для испытания формы-вагонетки снимали с конвейера и устанавливали на четыре опоры под колесами: три опоры неподвижные, а в качестве четвертой — гидравлический домкрат грузоподъемностью 3 т. Испытания проводили по методике НИИЖБ определения деформации от собственной массы [4]. Зафиксированные прогибы свободного угла при диагональном опирании U_d , характеризующие жесткость конструкции на кручение, приведены в таблице.

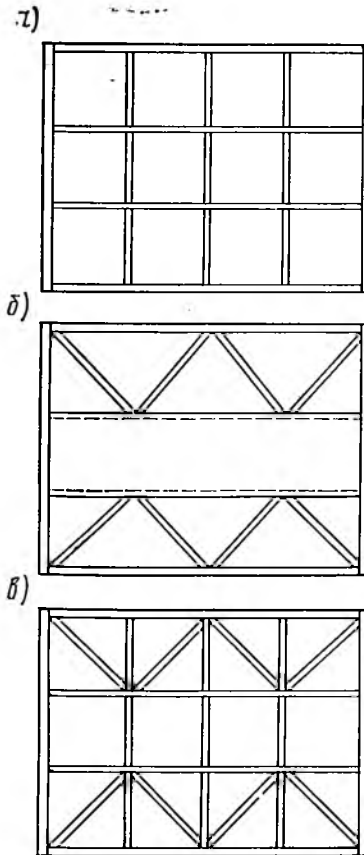


Рис. 3. Схемы решетки поддона

а — с продольными и поперечными балками; б — раскосая (раскосы из швеллеров или гнутых неравнополочных уголков); в — с продольными и поперечными балками, дополненная раскосами из полосы

Схема опирания	Шифр формы-вагонетки	Высота борта, мм	Масса, кг	Прогиб свободного угла, мм	
				U_d	U_T
Обычная	НС-1-2	350	4100	95,6	—
	НС-7-1	200	2950	94,7	—
	НС-1-1	350	3660	6,5	—
	НС-7-1М	200	3100	3,65	0,63
	НС-1-1	350	4300	20,02	1,15

Из таблицы следует, что в форме-вагонетке с раскосой решеткой из швеллеров жесткость на кручение увеличивается до 27 раз (по сравнению с аналогичной по назначению формой-вагонеткой с обычной решеткой), в модернизированной форме-вагонетке, у которой раскосы из полосы дополняют обычную решетку, жесткость на кручение возросла в 4,5 раза.

Дополнительно были испытаны новые и модернизированные формы-вагонетки с целью определения прогиба свободного (неопертого) угла при трехточечном опирании. Также проведенные по методике НИИЖБ [5], эти испытания показали, что в новой форме-вагонетке этот прогиб равен 0,63 мм, а в модернизированной — 1,15 мм. Прогиб свободного угла характеризует уровень деформативности во всех точках поддона; судя по U_T , он достаточно низкий.

Результаты испытаний убедительно свидетельствуют о том, что сочетание трехточечного опирания с раскосой решеткой значительно снижает деформативность формы-вагонетки при экономии стали на 15—19% по сравнению с аналогами. Следует добавить, что снижение деформативности означает повышение долговечности, поэтому можно ожидать, что при принятых конструктивных решениях вагонетки будут превышать нормы работ в течение срока, превышающего нормативный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Митник Г. С. Выбор схемы опирания форм. — В кн.: Формы для производства сборного железобетона. М., Стройиздат, 1972.
- Митник Г. С. Формы и поддоны-вагонетки в конвейерном производстве. Материалы семинара, МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1981.
- Соколов А. Н., Островский В. А., Митник Г. С. Конвейер с платформами-вагонетками нового типа. — Бетон и железобетон, 1983, № 2.
- Руководство по методам испытаний и измерений форм для сборного железобетона. М., НИИЖБ, 1973.
- Рекомендации по расчету и конструированию форм при трехточечном опирании. М., НИИЖБ, 1978.

Новые книги

Железобетонные конструкции. Учеб. для вузов/Под ред. Л. П. Полякова, Е. Ф. Лысенко, Л. В. Кузнецова.— Киев: Вища школа, 1984.

Салита В. Л. Пособие для расчета изгибаемых железобетонных элементов.— Киев: Будівельник, 1984.

Бойдарь В. И., Борисенко А. Д., Нормирование и оплата труда на предприятиях стройиндустрии. Справочник.— Киев: Будівельник, 1984.

Гидравлический расчет и устройство водопроводов из железобетонных труб/В. С. Дикаревский и др.— Киев: Будівельник, 1984.

Клименко Ф. Е. Сталобетонные конструкции с внешним полосовым армированием.— Киев: Будівельник, 1984.

Комаров И. С. Совершенствование хозяйственного механизма в строительстве.— М., Мысль, 1984.

Жердецкий П. Ф. Основы экономики и планирования капитального строительства. Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп.— Киев: Вища школа, 1984.

Пахомов В. А. Конструкции из шлакощелочных бетонов.— Киев: Вища школа, 1984.

Транспортирование бетонной смеси на заводах сборного железобетона

В 1982—1983 гг. Гипростроммаш проводил анализ существующих способов транспортирования бетонной смеси на заводах ЖБИ от места приготовления до места укладки в форму.

В результате обследования выявились четыре основных способа транспортирования. К ним относятся транспортирование по бетоновозным эстакадам в самоходных бункерах, ленточными конвейерами, бетоноводами (пневмотранспорт) и по монорельсам, расположенным у колонн. Очень часто на одном заводе применяют одновременно несколько способов.

Для выявления наилучшего способа транспортирования смеси их сравнивали в сопоставимых условиях. За основу принято предприятие, состоящее из четырех пролетов каждый размером в плане 18×144 м. В каждом пролете размещены наиболее часто встречающиеся технологические линии: конвейерное производство наружных стен (заводы для промышленного строительства и крупнопанельного домостроения), каскетное производство панелей внутренних стен и перегородок, агрегатно-поточное производство с формовочными постами 3×6 м и стендовое производство (объемные элементы, производство ферм или длинномерных балок). Транспортирование бетонной смеси в производстве железобетонных труб из-за его специфических особенностей не рассматривали.

Подача бетонной смеси от бетоносмесительного цеха до мест укладки в форму по бетоновозным эстакадам. В конвейерном производстве наружных стеновых панелей бетонную смесь требуется подавать в несколько точек, поэтому от бетоновозной эстакады предусмотрен дополнительный самоходный бункер (портал), который передвигается по эстакаде над конвейерной линией. В каскетное производство от бетоновозной эстакады смесь подается с помощью ленточного конвейера и бетоноукладчика СМЖ-306. В пролете с формовочными постами размером 3×6 м бетоноукладчики непосредственно подъезжают под бетоновозную эстакаду, а в пролете объемных элементов под эстакаду подъезжает тележка со съемной бадьей, из которой смесь с помощью крана поступает в форму.

При такой схеме транспортирования можно подавать бетонную смесь с О. К. до 10 см и жесткостью до 30 с (по ГОСТ 10181—81). Минимальная высота бетоновозных эстакад в этом случае должна быть 5,6 м.

При транспортировании смеси от бетоносмесительного цеха до мест укладки в форму по двухрельсовым подвесным путям они, как правило, подвешены на

колоннах. В пролет конвейерного производства наружных стеновых панелей смесь подается непосредственно в места потребления поворотными кругами или переводными стрелками. В каскетном производстве предусмотрен специальный бетоноукладчик, загрузочный бункер которого подъезжает под пути, по которым движется самоходный бункер. В пролете с формовочными постами 3×6 м и в пролете объемных элементов транспортирование осуществляется так же. В зависимости от конструкции бункера можно подавать смеси жесткостью до 30 с и О. К. до 20 см. Используя двухрельсовые подвесные пути, можно транспортировать бетонную смесь и по наклонным участкам с углом подъема до 20°, а также по кольцевому пути.

При транспортировании системой ленточных конвейеров смесь подается во все пролеты прямо к местам укладки. Подвижность бетонной смеси ограничивается до 10 см.

Транспортирование по бетоноводам (пневмотранспорт) применяется только для пластичной смеси из тяжелых заполнителей. Опыта транспортирования керамзитобетонной смеси таким способом нет. Система бетоноводов и отстойников требует чистки и промывки.

Технико-экономические показатели по рассмотренным способам транспортирования бетонной смеси приведены в таблице.

Наименьшая стоимость транспортирования бетонной смеси оказалась при пневмотранспорте, наибольшая — при ленточных конвейерах, но эта разница незначительна. Рассматривая эти два варианта, необходимо отметить, что они

не всегда применимы. Пневмотранспорт пригоден только для пластичных смесей, что связано с большим расходом цемента, а следовательно, и увеличением стоимости изделий, причем более низкая стоимость транспортирования не компенсирует перерасхода цемента. Однако, учитывая появление суперпластификаторов, этот способ может найти применение. Недостаток транспортирования ленточными конвейерами в том, что при больших расстояниях возникают лишние перегрузки, которые могут вызвать расхождение бетонной смеси.

Стоимость транспортирования по бетоновозным эстакадам и по двухрельсовым подвесным путям одинакова и немного дороже пневмотранспорта. Этими способами можно транспортировать бетонные смеси практически любого вида. Преимуществом двухрельсового подвесного транспорта перед бетоновозными эстакадами является возможность подавать смесь без дополнительных перегрузок как по тупиковой трассе, так и по кольцевой. Однако этот способ может потребовать создания новых бетоноукладчиков, у которых загрузочный бункер смог бы подъезжать под пути, расположенные на колоннах. Подвесной транспорт нашел большое распространение за границей, но в СССР практически не применяется. Для его внедрения необходимо создание новых конструкций самоходных бункеров.

Анализ транспортирования бетонной смеси показал, что рекомендовать однозначное решение по какому-либо способу транспортирования невозможно, так как в каждом конкретном случае набор технологических линий и оборудования на действующем или вновь строящемся предприятии, местные условия (высота смесительного отделения, отстки подкрановых путей и т. д.) могут влиять на выбор окончательного решения. Наиболее обеспечен серийным оборудованием способ транспортирования бетоновозными эстакадами. Транспортирование ленточными конвейерами можно применять в исключительных случаях, так как оно дороже, требует большого ухода и на дальних расстояниях вызывает расслоение бетонной смеси.

Для внедрения подвесного транспорта, который имеет меньше перегрузок и позволяет подавать бетонную смесь по кольцевой трассе (в отличие от бетоновозных эстакад), необходимо создание новых конструкций самоходных бункеров. Пневмотранспорт можно применять при подаче пластичной смеси, но для его внедрения также необходимо создание серийного оборудования.

Дополнительные сведения можно получить в Гипростроммаше по адресу: 103287, Москва, 2-я Хуторская ул., 38а.

Показатель	Вариант транспортирования			
	по бетоновозным эстакадам	по двухрельсовому подвесному пути	ленточными конвейерами	по бетоноводам
Удельные эксплуатационные затраты на транспортирование 1 м ³ бетонной смеси, р.	0,25	0,25	0,30	0,21
Капиталовложения, р/м ³	0,89	0,67	0,96	0,40
Трудозатраты, чел.-ч/м ³	0,03	0,35	0,03	0,03
Металлоемкость, кг/м ³	0,48	0,42	0,70	0,33

УДК 624.92.002:237

Е. М. АЛЬТШУЛЛЕР, Я. И. ЦИРИК, инженеры (ЦНИИЭП жилища)

О дальнейшем развитии и совершенствовании монолитного домостроения

Публикуя настоящую статью, редакция обращает внимание на важность этой проблемы и необходимость более дифференцированного определения рациональных областей применения монолитного железобетона, в связи с чем планирует шире осветить на страницах журнала накопленный опыт в этой области строительства.

Возведение жилых и гражданских зданий с применением монолитного бетона в определенных условиях по большинству технико-экономических показателей имеет преимущества перед кирпичным, а иногда и крупнопанельным домостроением [1]. Единовременные затраты на создание производственной базы меньше, чем в кирпичном, на 35 и в крупнопанельном на 40—45%.

Расход стали в конструкциях снижается на 7—25% по сравнению с крупнопанельными (экономия увеличивается при повышении этажности и сейсмической активности), расход стали на опалубку с учетом ее оборачиваемости (монолитной — 300 раз, сборных конструкций — 500—700 раз) снижается с 1,5 в сборных до 1 кг/м² общей площади — в монолитных конструкциях.

Энергетические затраты на изготовление и возведение монолитных конструкций уменьшаются на 25—35% по сравнению со сборными и кирпичными. Стоимость строительства в среднем на 5% ниже, чем крупнопанельного, и на 10%, чем кирпичного (с учетом этажности, архитектурно-планировочных решений и действующих цен на материалы и конструкции). Трудовые затраты в среднем на 25—30%, а продолжительность строительства на 10—25% меньше кирпичного.

При монолитном домостроении можно получать разнообразные объемно-планировочные решения, здания высоких эксплуатационных качеств при наименьшей длительности инвестиционного цикла (проектирование — создание базы — строительство).

К недостаткам монолитного домостроения следует отнести его повышенную чувствительность к отрицательным температурам (усложнение и удорожание работ), более высокую по сравнению с крупнопанельным домостроением продолжительность строительства, а также трудоемкость работ на строительной площадке, где сосредоточены почти все работы по изготовлению конструкций.

Рациональными областями применения монолитного домостроения и монолитного бетона в жилищно-гражданском строительстве следует считать: регионы со сложными геологическими условиями, преимущественно в южных сейсмических районах страны; регионы, в которых от-

сутствуют или недостаточны мощности полносборного домостроения с учетом их перспективного развития, а также районы пионерного строительства; районы сельского строительства с преимущественным применением монолитного бетона в стенах на основе местных заполнителей, а также отходов производства; важные в градостроительном отношении здания и ансамбли в городах с развитой базой полносборного домостроения; отдельные конструктивные элементы в зданиях других конструктивно-технологических систем, в том числе ядра жесткости с обстройкой каркасными или

панельными конструкциями, первые нежилые этажи, монолитные фундаменты различных типов (ленточные, буронабивные, плитные и др.), при соответствующих технико-экономических обоснованиях.

В последние годы на основе результатов научных исследований разработаны конструкции зданий [2] со сниженным расходом ресурсов (табл. 1), а также опалубка системы Гражданстроя, состоящая из щитов модульной структуры и приспособленная к переналадке в построечных условиях, что обеспечивает разнообразие архитектурно-планировоч-



Рис. 1. 16-этажный жилой дом из монолитного железобетона в Вильнюсе

ных решений. Эта система опалубок утверждена Госгражданстроем как обязательная к применению всеми строительными организациями. Разработана и внедрена в практику методика сравнительной технико-экономической оценки конструктивных решений монолитных, полносборных и кирпичных зданий различной этажности [3].

К настоящему времени разработано свыше 200 проектов зданий для строительства в различных регионах страны.

В течение 1976—1982 гг. возведено примерно 750 тыс. м² общей площади жилых и гражданских зданий, как правило отличающихся более высоким качеством архитектурно-художественных решений. Наибольшее распространение монолитное домостроение получило в Кишиневе, Сочи, Алма-Ате, Минске, Вильнюсе, Ленинграде, городах Кавказских Минеральных Вод, Южного берега Крыма и др. (рис. 1 и 2). На отдельных объектах в Вильнюсе, Кишиневе и других городах достигнута хорошая организация производства и применены совершенные типы опалубок. В результате получены монолитные конструкции высокого качества при близких к прогнозируемому уровню трудовых затратах.

В Минстрое СССР, Минпромстрое СССР, Минтяжстрое СССР разработаны комплексные целевые программы развития монолитного домостроения в одиннадцатой пятилетке в рамках научно-технической программы. Расширилась сеть специализированных строительных организаций, возводящих здания из монолитного бетона, в том числе в Кишиневе, Вильнюсе, Пятигорске, Ялте, Фрунзе, Ташкенте и др. В Минтяжстрое СССР создано НПО Союзмонолиттяжстрой.

За последние два года развернулось строительство монолитных усадебных домов в сельской местности. Монолитное домостроение на селе почти не зависит от заводской базы. Его внедрение позволяет разнообразить застройку, использовать бетонные смеси с малым содержанием цемента и без него, широко применять местные строительные материалы (глинобетон, грунтобетон и т. п.) и промышленные отходы (шлак, золы, золошлаковые смеси и др.). В результате варьирования толщины стен и планировочных решений, а также внедрения других конструктивных мероприятий создается так называемый «теплый дом», столь необходимый при больших теплотерях в сельских зданиях. Этот метод строительства на селе имеет большую мобильность, поскольку при необходимости в кратчайшие сроки и с минимальными затратами можно переоборудовать технологическое оборудование относительно небольшой массы (комплекты опалубки, мобильные бетонный узел и арматурную мастерскую и др.), а также компоненты для бетонных смесей, арматурную сталь и т. п. по дорогам, мало пригодным для перевозки конструкций полносборных домов.

В 1982—1983 гг. в БССР, РСФСР (Саратовская, Куйбышевская и другие области), ЛитССР и КиргССР возведено более 600 одноэтажных сельских жилых домов суммарной общей площадью 53 тыс. м². Стены домов возводили из легкобетонных смесей на местных пористых заполнителях с применением щит-



Рис. 2. 17-этажный жилой дом из монолитного железобетона в Кишиневе

товых опалубок (крупно- и мелкощитовых) (рис. 3). В Киргизии для возведения стен успешно применяют грунтобетон (рис. 4).

Технико-экономические показатели по-

строенных в Киргизии зданий свидетельствуют, что применение монолитного бетона значительно снижает затраты ресурсов в сельском строительстве. В табл. 2 приведены технико-экономические показатели строительства одноэтажных двухквартирных сельских жилых домов в КиргССР.

Однако на современном этапе развития монолитного домостроения имеются серьезные недостатки и трудности. Основные недостатки в 1981—1983 гг. не достигли предусмотренных научно-технической программой и целевыми программами развития монолитного домостроения на 1981—1985 гг. объемов строительства. Имеется тенденция к сокращению ранее предусмотренных объемов монолитного домостроения. Лишь Минстрой СССР имеет некоторый рост объемов строительства монолитных домов по годам.

Недовыполнение намеченных объемов строительства привело к тому, что народное хозяйство страны недополучило 4,2 млн. р. приведенных затрат, 2,6 тыс. т стали, 21,8 тыс. т усл. топлива.

Главными причинами, сдерживающими развитие монолитного домостроения, являются: недооценка министерствами, ведомствами и органами республик его технико-экономических преимуществ; слабость материально-технической базы

Таблица 1

Город, этажность здания	Условия строительства	Расход натуральной стали, кг/м ² общей площади		Фактические затраты труда на строительной площадке, чел·ч/м ² общей площади
		нормируемый	фактический	
Вильнюс, 16 эт.*	Обычные	34	29,9	10,6
	То же	34	30,1	11,9
	Сейсмические, 7 баллов	42	36,2	13,2
Кишинев, 12 эт.	Обычные	42	35,6	17,8
	То же	54	46,2	16,5
	То же	54	49,2	17,5

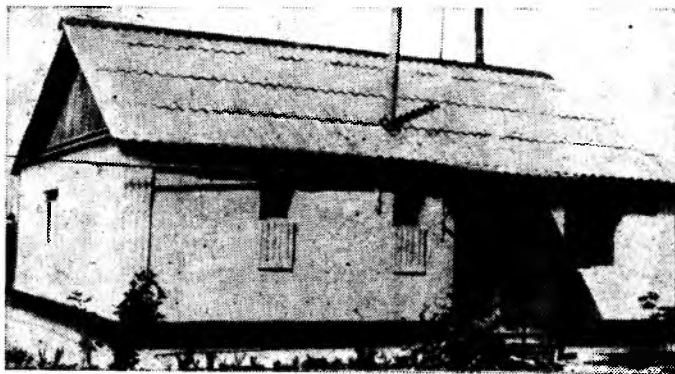
* Тип опалубки — блочная и крупнощитовая, в остальных случаях — блочная.

Примечание. Приведены данные министерств ЛитССР и МолдССР, проектных институтов проектирования городского строительства ЛитССР и Кишиневгорпроект.



Рис. 3. Сельский жилой дом из монолитного железобетона в Брестской области

Рис. 4. Усадебный жилой дом из грунтобетона в Чуйской долине



и организационного обеспечения; отсутствие системы экономического стимулирования этого ресурсосберегающего метода строительства. Последняя из названных причин наиболее серьезна, учитывая, что строительные организации не заинтересованы в применении монолитного железобетона из-за более низкого уровня сметных цен на возведение монолитных конструкций по сравнению с полноторными. Реформа оптовых цен 1982 г. еще более усугубляет это положение.

Соотношение стоимости и трудоемкости возведения сопоставимых по потребительским качествам полноторных и монолитных конструкций 16-этажных зданий показано в табл. 3. Эти данные свидетельствуют, что монолитные конструкции при более низкой сметной стоимости и полных трудовых затратах требуют, естественно, больших трудовых затрат на строительной площадке.

Учитывая потенциальные возможности монолитного домостроения, а также реальные возможности материально-технической базы, объемы строительства монолитных зданий в одиннадцатой пятилетке должны составить не менее 2 млн. м² общей площади.

В качестве основной организационной формы строительства монолитных зданий следует принять поточный метод с максимальным использованием средств механизации и с высокой степенью оборачиваемости опалубки и оборудования. Необходимо: увеличить число специализированных подразделений монолитного домостроения, обеспечив их необходимым оборудованием и бесперебойной поставкой бетонной смеси; расширить применение местных заполнителей и отходов промышленности для приготовления монолитного бетона, особенно в малоэтажном строительстве для сельской местности; организовать на специализированных предприятиях министерств и ведомств выпуск переставных опалубок системы Гражданстрой, а также путем специализации и кооперации действу-

Таблица 2

Показатель	Сметная стоимость, тыс. р.		
	Средняя стоимость на 1 м ² общей площади	Средняя стоимость на 1 м ² общей площади	Средняя стоимость на 1 м ² общей площади
Общая площадь, м ²	129,00	129,00	135,10
Расход материалов:			
цемент, т	33,90	22,00	33,70
стали натуральной, т	4,00	2,00	1,54
В том числе на сборные перекрытия бетона легкого, м ³	0,90	1,00	1,00
бетона тяжелого, м ³	63,00	—	84,60
кирпича, тыс. шт.	67,00	70,90	65,90
лесоматериалов, м ³	1,00	41,00	—
Сметная стоимость: общая (в ценах 1984 г.), тыс. р.	26,00	33,00	33,20
1 м ² общей площади, р.	28,06	22,05	15,90
	217,50	170,93	117,70

Таблица 3

Конструктивный элемент из бетона на плотных заполнителях	Сметная стоимость, р/м ²		
	Средняя стоимость на 1 м ² общей площади	Средняя стоимость на 1 м ² общей площади	Средняя стоимость на 1 м ² общей площади
Перекрытие толщиной 16 см	10,0	1,86	0,19
	6,6	1,23	0,6
Внутренние стены толщиной 16 см	12,8	2,49	0,55
	7,95	1,8	1,45

Примечание. Над чертой — при полноторном методе возведения, под чертой — монолитном.

ющих производств обеспечить централизованный выпуск арматурных изделий; построить на действующих предприятиях установки по производству суперпла-

стификаторов для бетонных смесей; обеспечить строительные организации изделиями из пластмасс для устройства инженерных коммуникаций в монолитных стенах и перекрытиях и механизмами для обработки бетонных поверхностей.

Необходимо расширить производство эффективных средств изготовления, доставки и укладки бетонной смеси для оснащения ими специализированных организаций, в том числе бетонных узлов циклического действия, автобетоносмесителей, автобетоновозов, бетононасосов и автономных стрел к ним.

В кратчайшие сроки следует установить преysкуранные цены на монолитные конструкции на уровне цен на сборные конструкции того же потребительского назначения, учитывающие оптовую цену конструкций, затраты на их транспортирование и монтаж. Это позволит без увеличения сметной стоимости объекта получить более высокую прибыль, стимулирует расширение объемов монолитного домостроения.

Необходимо расширить исследования и ускорить внедрение прогрессивных конструкций, обеспечивающих дальнейшее сокращение расхода стали и цемента, улучшить качество проектирования жилых и гражданских зданий путем повышения их экономичности и совершенствования объемно-планировочных решений.

Только положительное решение всего комплекса перечисленных проблем позволит монолитному индустриальному домостроению занять достойное место среди наиболее прогрессивных методов строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Индустриальное домостроение из монолитного бетона. М., Стройиздат, 1976.
- Руководство по проектированию конструкций и технологии возведения монолитных бескаркасных зданий. М., Стройиздат, 1982.
- Рекомендации по сравнительной технико-экономической оценке конструктивных решений монолитных, полноторных и кирпичных зданий. М., ЦНИИЭП жилища, 1983.

Особенности навесного монтажа сборных оболочек

В КиевЗНИИЭП разработан способ навесного монтажа оболочек заземлением плит с расклиниванием в монтажном проеме. Схема заземления устанавливаемой плиты в монтажном проеме, образованном боковыми и торцовыми ребрами ранее установленных плит, показана на рис. 1. Устанавливаемая плита опирается на полки боковых ребер плит и удерживается от опрокидывания полкой своего торцового ребра, заведенной под торцовое ребро плиты. По мере установки плит монтажный проем последовательно смещается в сторону замыкания оболочки.

При свободном опирании устанавливаемой плиты консольные части ранее установленных изгибаются в плоскости наименьшего момента инерции (т. е. в плоскости их боковых ребер), поскольку усилия трения по поверхности полок, как правило, недостаточно, чтобы препятствовать горизонтальным перемещениям u . В результате значительная часть поперечного сечения плиты и армирования в работе на монтажные нагрузки не используется.

При опирании с расклиниванием, осуществленным на монтаже сборного железобетонного купола (рис. 2) в Киеве [1], перемещения u ранее установленных плит в плоскости устанавливаемой плиты не допускаются. В результате образуется

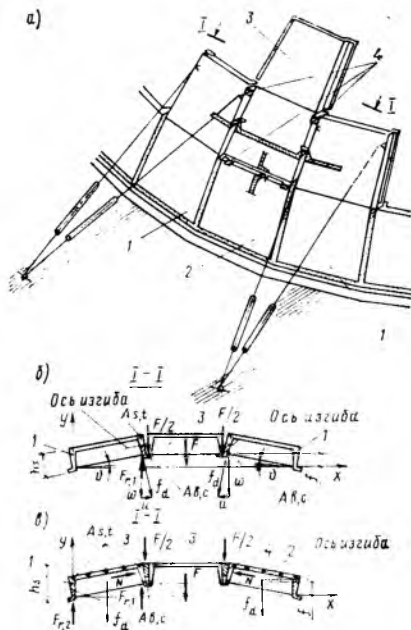


Рис. 1. Схема заземления плиты в монтажном проеме (а); схема нагружения и деформирования консолей без расклинивания (б) и с расклиниванием инвентарными клиньями (в) 1, 2 — ранее установленные плиты, образующие монтажный проем; 3 — устанавливаемая плита; 4 — инвентарные клинья

Таблица 1

Методика расчета	Аппроксимация	Конструктивная система	Усилия, кН, кНм				
			N_{3-6}	$M_{y,5}$	$M_{y,8}$	$M_{y,5-8}$	$M_{x,9}$
КиевЗНИИЭП	Членение на плоские элементы		58,6	—	—	54,0	—
			45,8	31,3	14,6	45,9	0,7
Вычислительный комплекс «Супер-76»	Стержневая	одноопорная 	42,4	32,1	6,5	38,6	0
		двухопорная 	—	—	—	—	—

Примечание. Для всех случаев $F/2=13,1$ кН.

звено «консоль — плита — консоль», изгибающееся перпендикулярно плоскости устанавливаемой плиты и имеющее большую жесткость при изгибе в этом направлении, чем отдельно работающие консоли.

В расчетной схеме это звено можно представить в виде трехстержневой шарнирно соединенной системы, нагруженной в шарнирах силами $F/2$ и опирающейся на четыре податливых ребра консолей, воспринимающих также и усилие распора. Предполагая, что усилие от веса плиты распределяется на все ребра, вызывая в них реактивные усилия $F_{r,1}$ и $F_{r,2}$ ($F_{r,1} \geq F_{r,2}$), и рассматривая равновесие узла в шарнире, напишем формулу продольного усилия N в поперечном ребре устанавливаемой плиты:

$$N = (F/2 - F_{r,1}) b_s / f, \quad (1)$$

где F — вес плиты; b_s — ширина плиты с учетом половины ширины стыка; f — стрела подъема звена.

Изгибающий момент, вызывающий поворот консолей на угол θ , можно определить по формуле

$$M_\theta = b_s \cos [\arcsin (f/b_s)] \times (F_{r,2} - 0,5 F + F_{r,1}). \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) значения $F_{r,1}$ и $F_{r,2}$ определяются с учетом реальной жесткости ребер и положения консолей в пространстве. В первом приближении можно предположить, что $F_{r,1} = F_{r,2} = 0,25F$, тогда:

$$N = 0,25 F b_s / f; \quad (3)$$

$$M_\theta = 0. \quad (4)$$

Усилие N является исходным для определения размеров клина и площадки для его опирания, усилие M_θ — для определения дополнительного прогиба от поворота консоли при заземлении плиты. Площадь растянутой арматуры $A_{s,t}$ устанавливается из условия равновесия

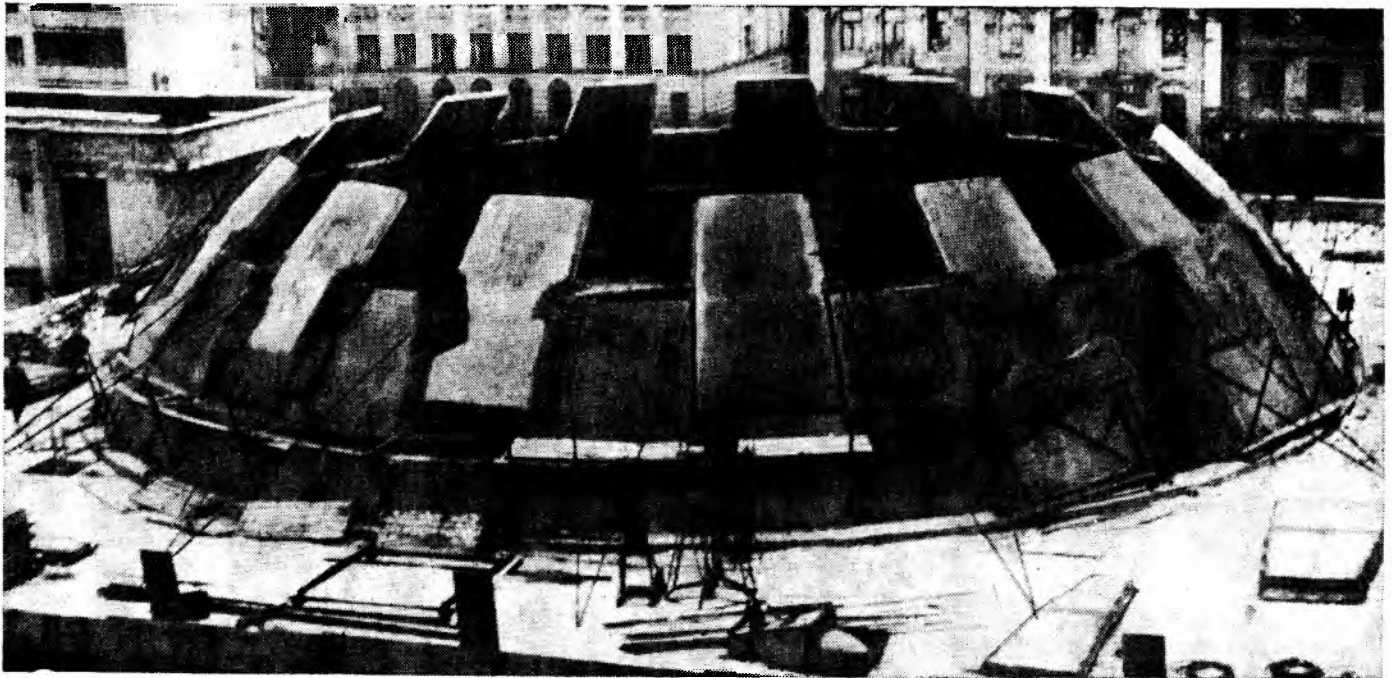


Рис. 2. Монтаж сборного железобетонного купола в Киеве

Таблица 2

Конструктивная система									Сечение	$A_{s,t}, \text{см}^2$	$A_{s,c}, \text{см}^2$	Относительная экономия стали, кг/м ²
	Тип	$F/2, \text{кН}$	$g, \text{кН/м}$	$F, \text{см}$	$b_s, \text{см}$	$l, \text{см}$	$N_{y,3}, \text{кН}$	$M_{y,5-8}, \text{кНм}$				
	1	8,3	1,60	47	264	260	—	26,15		4,91	1,54	—
	2	13,1	2,16	34	306	298	—	46,46		4,91	0,78	—
	3	5,8	1,33	15	204	220	—	16,09		3,14	1,13	—
	4	11,2	1,93	29	298	296	—	38,56		4,91	1,54	—
	1	—	—	—	—	—	23,4	30,91		2,01	—	2,7
	2	—	—	—	—	—	58,6	53,98		1,54	—	2,2
	3	—	—	—	—	—	40,0	18,92		1,13	—	2,5
	4	—	—	—	—	—	57,0	45,75		2,01	—	2,3

* См. формулу (3).

Примечание. Типы: 1 — купол диаметром 31 м; 2 — свод-оболочка пролетами 18, 21, 27 м; 3 — выпуклые пологие оболочки из плит размером 2×4 м; 4 — то же, из плит 3×6 м.

внутренних сил в сечении высотой h_s , составленном из сечений двух установленных ранее и устанавливаемой плит.

Предлагаемую методику определения усилий в элементах монтажного участка сопоставляли с другими методами расчета, например с результатами, полученными с помощью вычислительного комплекса «Супер-76» [2]. Как видно из табл. 1, значения усилий удовлетворительно совпадают.

Сопоставление результатов расчета элементов монтажного участка с учетом эффекта расклинивания и без него приведено в табл. 2. Продольное усилие расклинивания N для оболочек составляет не более 60 кН, что позволяет обойтись сравнительно легкими монтажными приспособлениями.

Использование эффекта расклинивания при защемлении плит в монтажном проеме дает значительный экономический

эффект. Расход стали для рассмотренных в табл. 2 оболочек снизился на 26—38%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маркелов Н. А., Санников И. В. Сборный железобетонный купол, монтируемый навесным способом. — Экспресс-информация ВНИИС. Серия 11. Строительные конструкции, вып. 9, 1983.
2. Инструкция по эксплуатации вычислительного комплекса «Супер 76» для прочностного расчета строительных конструкций на ЭВМ «Минск-32» / НИИАС Госстроя УССР, Киев, 1978.

Коэффициенты призмной прочности обычного тяжелого и мелкозернистого бетонов

При расчетах конструкций сопротивление бетона сжатию характеризуется призмной прочностью, тогда как контроль прочности бетона на производстве осуществляется на образцах-кубах. Для перехода от нормативной прочности кубов к нормативной прочности призм служит коэффициент призмной прочности бетона $K_{п.п}$. Численные значения этого коэффициента, устанавливаемые опытным путем, весьма важны, поскольку непосредственно влияют на величины расчетных сопротивлений бетона и тем самым на расход материалов.

В СНиП II-21-75 коэффициент призмной прочности обычного тяжелого бетона определяется с учетом изменчивости по формуле

$$K_{п.п} = \frac{R_{пр}^H}{R_k^H} = 0,77 - 0,001 \bar{R} \geq 0,72, \quad (1)$$

где \bar{R} — в МПа.

При разработке формулы (1) не было, однако, проведено достаточно полного анализа имевшихся опытных данных. Кроме того, в последнее время в литературе появилось много сведений о значениях коэффициента $K_{п.п}$, особенно для высокопрочных бетонов, которые также необходимо учитывать. Этот вопрос важен и для мелкозернистого бетона, для которого анализ значений $K_{п.п}$ не проводился. Таким образом возникла необходимость систематизировать опытные значения $K_{п.п}$ тяжелого и мелкозернистого бетонов. Было проанализировано 545 опытных данных для тяжелого и 310 — для мелкозернистого бетона. На значение коэффициента призмной прочности влияют размеры кубов и призм, вид и активность цемента, состав бетона, крупность заполнителей, наличие добавок, качество форм, условия уплотнения, твердения и испытания бетона, число испытанных призм и кубов на каждую точку-результат и др. Имеющиеся в литературе сведения фиксировали при сборе и систематизации материала. В дальнейшем для анализа учитывали только те значения коэффициента $K_{п.п}$, которые были получены на кубах и призмах с размером ребер не менее 7 см при отношении высоты призмы к стороне, равном 4 (рис. 1 и 2). Каждая точка графиков является средним значением, полученным по нескольким образцам. Из рис. 1 и 2 видно, что величина $K_{п.п}$ достаточно изменчива: для обычного тяжелого бетона 0,6—1, для мелкозернистого бетона 0,7—1.

Анализом влияния различных факторов на значения $K_{п.п}$ для мелкозернистых бетонов установлено, что модуль крупности песка не оказывает какого-либо заметного влияния на коэффициент призмной прочности. Не наблюдается также зависимости $K_{п.п}$ от наименьшего

размера образца. Данные о влиянии водоцементного отношения бетона весьма ограничены, и по ним невозможно вынести какое-либо суждение.

С целью обобщенного анализа величины $K_{п.п}$ провели статистическую обработку опытных данных обычного тяжелого и мелкозернистого бетонов. Полученные результаты (отдельно для каждого вида бетона) разбивали на группы по прочности бетона с интервалом 10 МПа, начиная с 15 МПа. Для расположенных в каждом интервале совокупностей определяли все статистические величины. Чтобы получить результат с точностью 5% при вероятности 0,99, необходимо иметь минимум 26 значений для каждой прочности бетона.

Результаты статистической обработки коэффициента призмной прочности на девяти интервалах для обычного тяжелого бетона и на пяти для мелкозернистого представлены на рис. 3. Средние арифметические значения $K_{п.п}$ для каждой совокупности аппроксимируются зависимостями:

для тяжелого бетона

$$\bar{K}_{п.п} = 0,85 - 0,015 R_k \geq 0,775; \quad (2)$$

для мелкозернистого бетона

$$\bar{K}_{п.п} = 0,875 - 0,005 R_k \geq 0,85, \quad (3)$$

где R_k — в МПа.

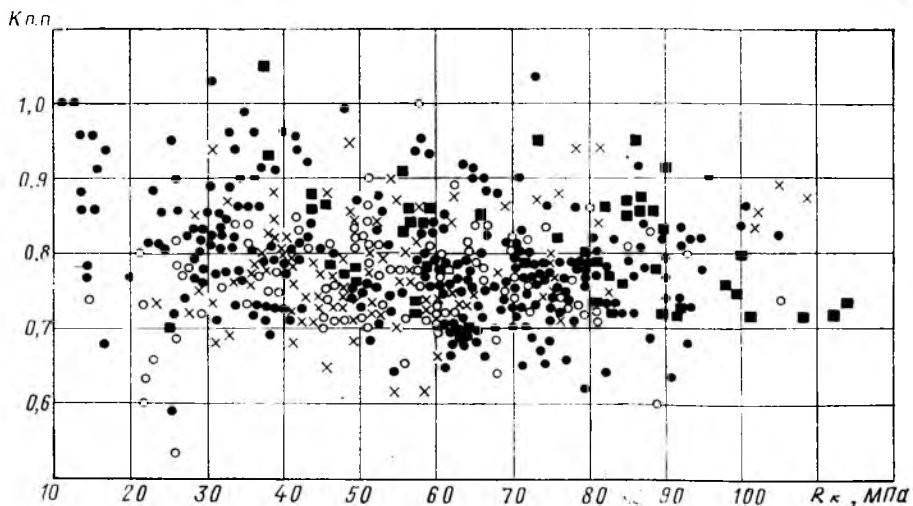


Рис. 1. Значения $K_{п.п}$ для тяжелого бетона по результатам опытов

● — НИИЖБ; ○ — ЦНИИС; ■ — НИИСК; × — других организаций

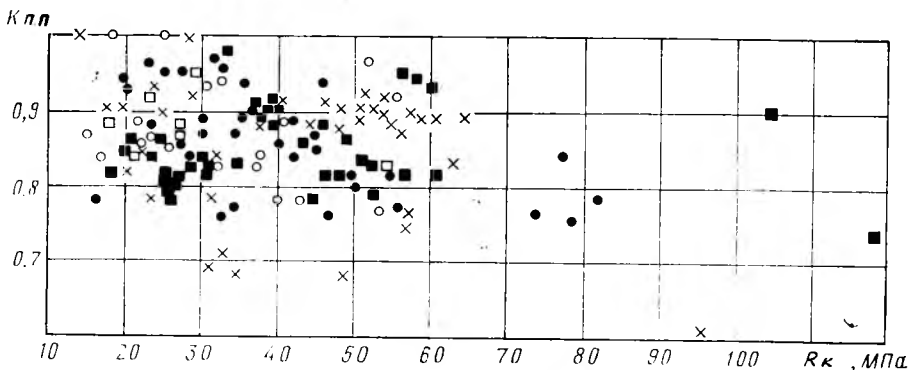


Рис. 2. Значения $K_{п.п}$ для мелкозернистого бетона по результатам опытов

● — НИИЖБ; ○ — НИЛ ФХММ и ТП; ■ — НИИСК; □ — МИСИ; × — других организаций

Расчетное определение деформаций ползучести тяжелого бетона при переменной нагрузке

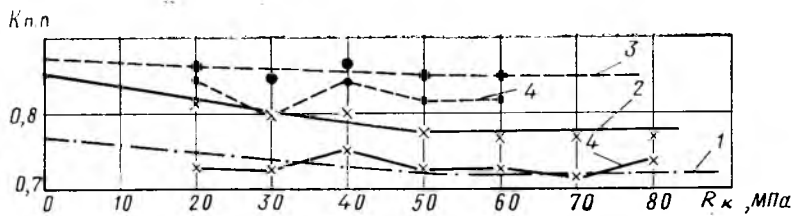


Рис. 3. Результаты статистической обработки значений $K_{п.п}$ для обычного (x, —) и мелкозернистого (●, - - -) бетонов по формулам 1 — (1); 2 — (2); 3 — (3); 4 — (4)

R_k , МПа	Число данных n	Статистические величины				Достоверность различия величин**			
		M	σ	v , %	P , %	M	σ	v	P
15—24,9	25/25*	0,81/0,87	0,108/0,053	13,31/6,08	2,66/1,22	В	В	А	А
25—34,9	58/38	0,80/0,85	0,093/0,078	11,62/9,14	1,52/1,48	В	В	В	В
35—44,9	65/24	0,81/0,87	0,079/0,050	9,79/5,78	1,22/1,18	А	В	А	В
45—54,9	76/26	0,78/0,85	0,076/0,067	9,75/7,86	1,12/1,54	А	В	В	В
55—64,9	95/14	0,77/0,85	0,072/0,065	9,33/7,64	0,96/2,04	А	В	В	В
65—74,9	75/—	0,77/—	0,075/—	9,69/—	1,12/—	—	—	—	—
75—84,9	56/—	0,77/—	0,060/—	7,84/—	1,05/—	—	—	—	—
85—94,9	37/—	0,79/—	0,071/—	8,95/—	1,47/—	—	—	—	—
95—104,9	10/—	0,81/—	0,056/—	6,88/—	2,17/—	—	—	—	—

* Перед чертой — для тяжелого бетона на щебне, после черты — для мелкозернистого бетона.
** А — разница между сравниваемыми величинами достоверна; В — то же, недостоверна.

Из рис. 3 видно, что средние значения $K_{п.п}$ для мелкозернистого бетона выше, чем для тяжелого, примерно на 3% для низких прочностей бетона и на 9% — для высоких.

На рис. 3 также показаны значения коэффициента $K_{п.п}$, рекомендуемые СНиП П-21-75 и определяемые по формуле (1). При этом коэффициент переменной прочности [2]

$$K_{п.п} = \bar{K}_{п.п} \frac{1 - 1,64 \sqrt{v^2 + v_n^2}}{1 - 1,64 v} \quad (4)$$

где $\bar{K}_{п.п}$ — среднее значение $K_{п.п}$ для той или иной прочности бетона; v , v_n — коэффициенты вариации прочности кубов и $K_{п.п}$.

При таком подходе учитывается, что вводимая в расчеты конструкций переменная прочность бетона непосредственно на производстве не контролируется.

На рис. 3 приведены также значения $K_{п.п}$, вычисленные по формуле (4) при полученных опытных значениях v_n , принимая $v = 13,5\%$. Для обычного тяжелого бетона данные опытов хорошо подтверждают рекомендуемую СНиП зависимость. Значения $K_{п.п}$ для мелкозернистого бетона, определенные по формуле (4), выше принятых в нормах в среднем на 13%. Такое превышение объясняется в значительной мере полученными в данном случае более низкими значениями коэффициентов вариации $K_{п.п}$ для мелкозернистого бетона по сравнению с тяжелым бетоном (в среднем примерно 7 вместо 10%). Возможно, при этом сказывается влияние большей однородности мелкозернистого бетона.

Для анализа устанавливали следующие статистические величины: среднеарифметическое отклонение M , среднеквадратическое отклонение σ , коэффициент вариации v , показатель точности P

и их средние ошибки m , m_σ , m_v , m_P . Поскольку изучали статистические величины, то, для того чтобы судить о том, достоверна или случайна разница между ними для двух рассматриваемых видов бетона, использовали критерий оценки достоверности различий [1]. Результаты вычислений приведены в таблице, из которой видно, что различия между статистическими величинами в большинстве случаев недостоверны, причем какой-либо закономерности для подтверждения достоверности различия между той или иной величиной в зависимости от прочности бетона не наблюдается.

На основе анализа рассмотренных данных можно сделать вывод, что имеется тенденция к увеличению значений коэффициента переменной прочности мелкозернистого бетона по сравнению с обычным тяжелым (средние значения $K_{п.п}$ выше на 3—9%). Отсутствие же достоверной разницы между этими величинами не позволяет рекомендовать для практических целей различные значения $K_{п.п}$ для мелкозернистого и тяжелого бетонов. При этом следует учитывать и такие факторы, как существенно меньшая, чем для тяжелого бетона, изученность работы конструкций и свойств мелкозернистого бетона при различных видах напряженного состояния, выраженные в большей степени упругие свойства, ухудшающие условия перераспределения напряжений, опасность более интенсивного развития трещин и др.

Таким образом, для практических расчетов значения $K_{п.п}$ как для тяжелого, так и мелкозернистого бетонов рекомендуется принимать по СНиП П-21-75.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонтьев Н. Л. Техника статистических вычислений. М., Лесная промышленность, 1966.
2. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций/А. А. Гвоздев, С. А. Дмитриев, Ю. П. Гуца и др. М., Стройиздат, 1978.

Ползучесть бетона при различных переменных нагрузках (периодических, знакопеременных, ступенчато и непрерывно меняющихся) исследована значительно меньше, чем при постоянной нагрузке. Расчетные предложения для определения ползучести бетона при переменной нагрузке, пригодные для практики, практически отсутствуют. Результаты экспериментальных и теоретических исследований свидетельствуют о том, что выработка расчетных рекомендаций связана с решением таких вопросов, как применимость принципа наложения при сложных режимах нагружения, учет обратимости ползучести при разгрузке, влияние знака напряжения на ползучесть бетона.

В Одесском инженерно-строительном институте статистически обработано большое число (более 300 серий) данных опытов отечественных и зарубежных исследователей. Результаты анализа экспериментальных данных по исследованию ползучести при напряжениях различных знаков и обратимости ползучести тяжелого бетона, приведенные в работе [1], дополняют полученные ранее статистические данные о ползучести тяжелого бетона при постоянной сжимающей нагрузке [2].

Рассмотрим деформацию ползучести бетона, нагруженного в возрасте τ_1 , напряжением σ_1 , разгруженного в возрасте τ_2 , в любой момент времени t ($\tau_1 < \tau_2 < t$). Согласно исследованиям [1, 2], эта деформация вычисляется по формуле

$$\epsilon_{п}(t, \tau_1) = \sigma_1 C(\tau_2, \tau_1) k - 0,6 \sigma_1 C \times \\ \times (t, \tau_2) k \prod_{i=1}^q K_0(x_i) \quad (1)$$

где $C(\tau_2, \tau_1)$, $C(t, \tau_2)$ — мера ползучести бетона при сжатии [2]; $k=1, 2$ для растягивающих напряжений, $k=1$ для сжимающих напряжений (при разгрузке знак σ_1 считается изменяющимся на противоположный); $K_0(x_i)$ — коэффициенты, учитывающие влияние различных факторов x_i на обратную ползучесть [1]; q — число учитываемых факторов.

Определение ползучести бетона при неоднократной нагрузке-разгрузке требует учета экспериментально установленного уменьшения ползучести при многократном приложении нагрузок. За степень воспроизводимости деформаций ползучести при повторных нагружениях принято отношение мер ползучести $C(t, \tau_k)/C(t, \tau_1)$ для одной и той же продолжительности действия нагрузки $t - \tau_k$. При этом установлено, что степень воспроизводимости существенно зависит от влажности окружающей среды, длительности выдерживания бетона после разгрузки перед новым нагружением $T_{выд}$,

числа циклов и повторения нагрузки-разгрузки, возраста бетона при первом нагружении τ_1 . Влияние этих факторов на величину $C(t, \tau_k)/C(t, \tau_1)$ оценивается коэффициентами $K_{вп}(x_i)$. Их устанавливают с учетом рекомендаций [1] и формулы

$$K_{вп}(\tau_1) = 1,2 (1 - 0,1317 e^{-0,0906(\tau_1-1)}), \quad (2)$$

где $K_{вп}(\tau_1=1 \text{ сут}) = 1$.

Значение степени воспроизводимости деформаций обратной ползучести при многократном приложении нагрузки характеризуется отношением $C_0(t, \tau_k)/C_0(t, \tau_2)$ для одной и той же длительности разгрузки $t - \tau_p$ (τ_p — возраст бетона в момент разгрузки). Анализ экспериментальных данных свидетельствует о том, что на степень воспроизводимости обратной ползучести влияют длительность нахождения под нагрузкой при первом нагружении $\tau_2 - \tau_1$, длительность отдыха $t - \tau_p$ и число циклов нагрузки-разгрузки. Коэффициенты $K_{в.о}(x_i)$ вычисляются по формулам, приведенным в работе [1].

Принцип наложения, хорошо зарекомендовавший себя при постоянной и медленно меняющейся нагрузке, дает большие отклонения от экспериментальных результатов при неоднократном приложении нагрузки [3]. Неприемлемость этого принципа для решения поставленной задачи связана с нелинейностью деформаций ползучести даже при низких относительных напряжениях, с наличием необратимых деформаций ползучести первого рода [3] и зависимостью очертания кривых ползучести от возраста бетона в момент нагружения, которую необходимо учитывать для $\tau \leq 20$ сут [2]. В работе изложена двухкомпонентная теория ползучести, в которой используется довольно сложный для практических расчетов математический аппарат.

С учетом этого предлагается заменить традиционный принцип наложения при ступенчатом режиме нагружения (рис. 1) одной из схем. Схема № 1 (см. рис. 1) предусматривает в каждый момент изменения нагрузки τ_k полное снятие всей предшествующей нагрузки и приложение новой. При этом с момента τ_k на обратную ползучесть от снятия напряжения σ_k накладывается ползучесть от напряжения σ_{k+1} . Деформация ползучести подсчитывается при этом по формуле

$$\begin{aligned} \epsilon_n(t, \tau_n) = & \sigma_1 C(\tau_2, \tau_1) k - 0,6 \times \\ & \times \sum_{k=2}^{2m} \sigma_k C(\tau_k, \tau_{k-1}) k \prod_{i=1}^a K_0(x_i) K_{в.о} \times \\ & \times (t - \tau_p) K_{в.о}(n) + \sum_{k=3}^{2m+1} \sigma_{k+1} C \times \\ & \times (\tau_k, \tau_{k-1}) k K_{вп}(T_{вйд}) K_{вп}(n) K_{вп} \times \\ & \times (W) K_{вп}(\tau_1). \quad (3) \end{aligned}$$

Меру ползучести во всех слагаемых подсчитывают по рекомендациям [1], причем величину момента наблюдения t подставляют вместо τ_k в последний член суммы во втором или третьем слагаемом. Коэффициенты $K_{вп}(x_i)$ и $K_{в.о}(x_i)$ вводятся в расчет начиная со второго цикла ($n=1$) при наличии полного снятия нагрузки в режиме нагружения. В случае отсутствия полного разгрузки принимают $K_{вп}(x_i) = K_{в.о}(x_i) = 1$. Формула

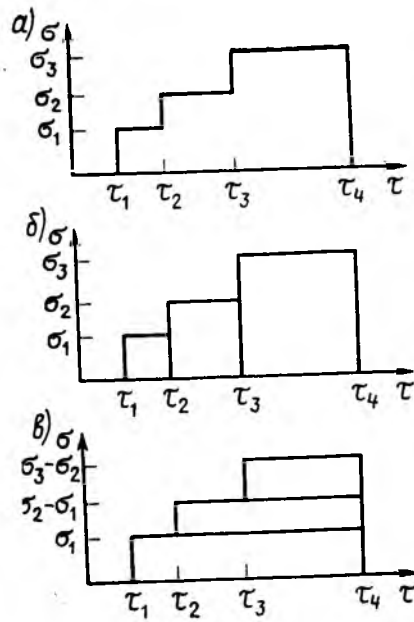


Рис. 1. Варианты развития ступенчато приложенного напряжения
а — традиционный принцип; б — схема № 1; в — схема № 2

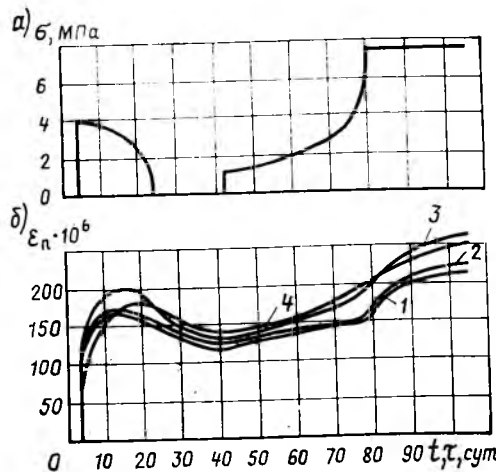


Рис. 2. Сравнение экспериментальной кривой ползучести при непрерывно меняющейся нагрузке (1) с расчетными кривыми: по методике автора (2), рекомендациям [4] (3) и двухкомпонентной теории ползучести (4)

(3) используется при ступенчато меняющейся нагрузке (включая пульсирующую).

Сущность схемы № 2 (см. рис. 1) заключается в последовательном приложе-

нии в моменты τ_k положительных или отрицательных приращений напряжений $\Delta\sigma_k = \sigma_{k+1} - \sigma_k$. От традиционного принципа наложения эта схема отличается учетом величины относительного напряжения и возраста бетона в момент каждого изменения нагрузки τ_k . Деформации ползучести в этом случае подсчитывают по формуле

$$\begin{aligned} \epsilon_n(t, \tau_n) = & \sigma_1 C(t, \tau_1) k + \\ & + \sum_{k=2}^m \Delta\sigma_k C(t, \tau_k) k. \quad (4) \end{aligned}$$

Выражение (4) по своей структуре соответствует использованию принципа наложения. Однако вычисление $C(t, \tau_k)$ по рекомендациям [2] позволяет учитывать нелинейность ползучести и зависимость очертания кривой $C(t, \tau)$ от возраста нагружения бетона. Эта формула используется при непрерывно меняющейся нагрузке, если эпюру изменения σ заменить ступенчатой с некоторым шагом дискретизации по времени $\Delta(t - \tau)$. На рис. 2 показано сопоставление опытной и расчетной кривых ползучести для образца Р-4 [4]. Расчет выполнен на ЭВМ при $\Delta(t - \tau) = 1$ сут. Для сравнения приведены кривые деформаций, полученные по методике [4] и по двухкомпонентной теории [3].

Различие расчетных формул (3) и (4) для разных режимов нагружения заключается, но-видному, в приспособлении бетона к нагрузке, постоянно действующей в течение хотя бы небольшого интервала времени, и отсутствии его при непрерывном изменении. Определенную роль в этом, вероятно, играют быстро формирующиеся необратимые деформации ползучести первого рода.

Оценкой совпадения экспериментальных и расчетных кривых ϵ_n может служить величина

$$\delta = \sqrt{\frac{\int_{\tau_2}^t [f(t) - \varphi(t)]^2 dt}{\int_{\tau_2}^t f(t) dt}}, \quad (5)$$

где $f(t)$, $\varphi(t)$ — аналитическое описание фактической и расчетной кривых ползучести после первого изменения нагрузки (для непрерывно меняющейся нагрузки $\tau_2=0$). Величина δ является непрерывным аналогом обычно используемой для этих целей относительной среднеквадратической ошибки (коэффициента вариации).

В таблице приведены значения δ , полученные при сравнении опытных и теоретических кривых деформаций ползучести тяжелого бетона для различных режимов нагружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Застава М. М. Расчетное определение деформаций ползучести тяжелого бетона при меняющейся нагрузке. — Известия вузов. Строительство и архитектура, 1984, № 1.
2. Прокопович И. Е., Застава М. М. О подборе выражения для описания меры ползучести тяжелых бетонов при умеренных сжимающих напряжениях. — В кн.: Строительные конструкции, вып. 28. Киев, Будівельник, 1976.
3. Прочность, структурные изменения и деформации бетона / Под ред. А. А. Гвоздева. М., Стройиздат, 1978.
4. Александровский С. В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на температурные и влажностные воздействия с учетом ползучести. М., Стройиздат, 1973.

В. А. МАТВИЕНКО, канд. техн. наук, Г. Я. ДРОЗД, Л. И. КОВАЛЕНКО,
Н. Е. ЗАТОЛОКИН, инженеры (Макеевский инженерно-строительный ин-т)

Коррозия цементного камня в очистных сооружениях

Огромные масштабы проводимых в нашей стране природоохранных мероприятий предусматривают строительство различных очистных сооружений. До настоящего времени нет научно обоснованных рекомендаций по выбору материалов для приготовления бетонов для таких объектов, так как недостаточно исследованы коррозионные процессы в сооружениях при биологической очистке сточных вод. Как правило, для них применяют пуццолановый и сульфатостойкий цементы [1]. Однако железобетонные конструкции на основе этих цементов уже через 5—7 лет эксплуатации имеют коррозионные повреждения в виде отслоений поверхностного слоя бетона подводной и надводной частей, трещин, корродирующей арматуры.

Контроль с помощью молотка Кашкарова бетона метантенков станции биологической очистки г. Харцызска показал, что через 7 лет эксплуатации по сравнению с проектной маркой прочность дна снизилась до 85%, стен подводной части — до 60%, надводной части — до 70%. Водопоглощение поврежденного бетона составило 17—20%.

В данных сооружениях осуществлялось сбрасывание иловой жидкости в мт/л, состав которой в мг/л приведен в табл. 1.

Состав газов, образующихся в результате разложения органической составляющей, %: метан — 70; углекислый газ — 20; азот — 8; водород — 2; сероводород и аммиак — следы.

Нами изучена коррозионная стойкость цементного камня в условиях, возникающих при работе метантенков — сооружений для микробиологического разложения осадков сточных вод. Микробные процессы в них осуществляются при отсутствии кислорода, повышенных температурах (37 либо 55°C), в слабощелочной среде.

Состоящие из минеральных частиц с сорбированными органическими соединениями (белки, целлюлоза) осадки сточных вод подвергаются гидролизу и сбраживанию до летучих жирных кислот (ЛЖК) бактериями первой фазы брожения. Под действием бактерий второй фазы брожения из ЛЖК образуются конечные продукты разложения органической составляющей осадков сточных вод: CO₂, (HCO₃⁻) и CH₄. Азот органических соединений преобразуется до NH₄⁺, (NH₃), а сера органических соединений и сульфаты — до S²⁻, (H₂S).

Выделяющиеся промежуточные продукты метаболизма сразу поглощаются в последующих биохимических реакциях. Таким образом, в метантенке имеются исходные соединения (осадки с сорбированной органикой) и накапливаются конечные продукты микробной деструк-

ции органической составляющей: CH₄, CO₂, (HCO₃⁻), NH₄⁺, (NH₃), S²⁻, (H₂S). Из промежуточных продуктов, которые содержатся в достаточно большом количестве, обнаруживаются только летучие жирные кислоты, т. е. в сооружении присутствует их постоянный фон [2].

Для оценки влияния на коррозию цементного камня конечных продуктов разложения осадков сточных вод их

Таблица 1

рН	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	CO ₂ своб
7,5—8,5	0	1710	335	40	210	12	217	850

Таблица 2

Регулируемый фактор	Основной уровень	Интервал варьирования	Верхний уровень	Нижний уровень
X ₁ —NaHCO ₃ , мг-экв/л	40	20	60	20
X ₂ —(NH ₄) ₂ X × SO ₄ , мг/л	1125	750	1500	750
X ₃ —NaS, мг-экв/л	20	10	30	10

Таблица 3

Состав среды в пересчете на				рН среды	Коэф-фициент стойкости через		Изменение массы образцов, % через	
HCO ₃ ⁻ , мг-экв/л	NH ₄ ⁺ , мг/л	S ²⁻ , мг-экв/л	рН		30 сут	60 сут	30 сут	60 сут
60	1500	30	8,48	1,11	1,13	0,2	1,0	
20	1500	30	8,62	0,99	1,05	-0,4	-1,3	
60	750	30	8,48	1,14	1,08	2,9	-4,1	
20	750	30	8,62	1,19	0,98	-3,5	3,0	
60	1500	10	8,41	0,88	0,99	3,9	-2,5	
20	1500	10	8,55	1,01	1,2	-0,27	2,3	
60	750	10	8,56	1,16	0,91	3,8	-0,85	
20	750	10	8,52	0,81	0,93	-2,5	0,8	
40	1125	20	8,36	1,2	0,73	-2,3	-2,8	

Функция	Время коррозии, сут	Коэффициенты уравнения регрессии							
		b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₁₂	b ₂₃	b ₃₁	b ₁₂₃
Коэффициент коррозионной стойкости КС	30	1,04	0,04	-0,04	0,07	-0,04	-0,02	0	0,08
	60	1,03	0,006	-0,06	0,03	-0,05	-0,05	-0,03	0,02
Изменение массы образцов, %	30	0,5	2,06	0,4	-0,7	-0,6	-0,2	-0,4	-0,46
	60	-0,2	-1,4	0,1	-0,15	0,8	0	0,85	1,6

моделировали с учетом возможных изменений в реальных условиях при 55°C. Моделирование агрессивной среды проводили по плану полного факторного эксперимента 2ⁿ [3]. Выбор граничных значений регулируемых факторов основан на литературных данных [2] и результатах анализа работы метантенков станции БХО г. Харцызска.

В качестве регулируемых факторов выбраны концентрации следующих веществ: бикарбоната натрия (X₁); азота аммонийного (X₂); сульфида натрия (X₃), — обеспечивающие реальное содержание HCO₃⁻, NH₄⁺ и S²⁻ в среде метантенка. Для создания фона ЛЖК во все среды добавляли ацетат аммония в количестве 500 мг/л. Кодирование переменных факторов приведено в табл. 2.

После водного твердения в течение 28 сут образцы помещали в модельные среды. Показатели стойкости цементного камня во времени в зависимости от состава среды даны в табл. 3.

В первые 14 сут модельные среды заменяли свежеприготовленными через каждые 3 сут, а затем через 7 сут.

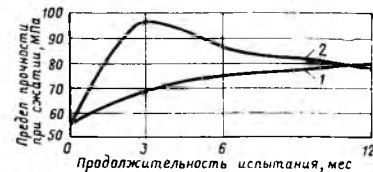
Продолжительность эксперимента составила 60 сут, что достаточно для оценки влияния регулируемых факторов на коррозионную стойкость исследуемых образцов [4]. В процессе опыта контролировали изменение состава среды, а также массы и прочности образцов. Коэффициент коррозионной стойкости определяли как отношение предела прочности на сжатие испытываемых образцов к пределу прочности образцов, хранившихся в водопроводной воде в идентичных условиях (55±3°C).

Рассчитанные по результатам экспериментов уравнения коэффициентов стойкости через 30 и 60 сут хранения (КС₁ и КС₂), а также уравнения изменения массы образцов Δm₁ и Δm₂ соответственно имеют следующий вид:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3.$$

Соответствующие коэффициенты уравнений регрессии коррозионной стойкости и потерь массы образцов в разные сроки испытаний приведены в табл. 4.

Исследованные факторы с течением времени неоднозначно влияют на корро-



Изменение прочности образцов цементного камня во времени при их хранении в водопроводной воде (1) и в метантенке (2)

Таблица 4

зию цементного камня. Так, наличие в агрессивном растворе бикарбонатов положительно сказывается на стойкости образцов лишь в первый месяц твердения. С течением времени он вызывает разрушение цементного камня. Например, через 60 сут в уравнении Δm_2 коэффициент b_1 имеет значение 1,4, а коэффициент $b_0 = 0,2$. Это свидетельствует о потере массы образцов под действием углекислоты.

Влияние сульфидов (X_3) имеет затухающий характер как по изменению KC , так и по изменению массы. Азот аммонийный агрессивен лишь в первые сроки твердения, а в последующем способствует повышению KC .

Наличие сильных эффектов взаимодействия в полученных зависимостях свидетельствует о взаимном влиянии факторов. Кроме того, отличные расчетных значений b_0 в уравнениях от результатов экспериментов в центре плана говорит о нелинейном характере влияния исследуемых факторов.

Результаты испытаний образцов цементного камня, хранившихся в натуральных условиях действующего метантенка в течение года, подтверждают преобладающую роль углекислого характера коррозии. Прочность цементного камня в первые 3 мес хранения в метантенке повышается, а затем начинает необратимо снижаться (см. рисунок).

Первоначальное повышение прочности вызвано образованием в порах и капиллярах карбоната кальция, уплотняющего структуру камня, что подтверждается ростом массы образцов. Последующее снижение массы и прочности вызвано образованием растворимого бикарбоната кальция и карбонизацией гидросиликатов кальция избыточной углекислотой. Эти явления отмечены также на рентгенограммах образцов, хранившихся в метантенке.

Рентгенофазовый анализ показал, что в первые месяцы выдерживания в метантенке в цементном камне наряду с имеющимися гидросиликатами кальция ($d = 3,23; 2,797; 2,51$) образуется кальцит ($d = 0,33; 3,035; 2,275$). Но уже через 6 мес выдерживания образцов в среде метантенка на рентгенограммах отсутствуют дифракционные пики, относящиеся к гидросиликатной составляющей, обнаруживается более полный набор отражений, характерных для гидрокарбонатных ($d = 4,93; 3,04; 2,86; 2,73$) и карбонатов кальция ($d = 3,3; 3,035; 2,285; 1,875; 1,83$).

Выводы

Коррозия бетона в метантенках происходит в основном под действием углекислоты, образующейся при сбраживании осадков сточных вод.

Защитные мероприятия следует назначать исходя из выявленных агрессивных факторов, учитывая в первую очередь влияние конечных продуктов разложения органических веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев С. В., Карелин Я. А., Жуков А. И., Колобанов С. К. Каклизация. М., Стройиздат, 1975.
2. Янко В. Г., Янко Ю. Г. Обработка сточных вод и осадков в метантенках. Киев, Будівельник, 1978.
3. Саутин С. Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. М., Химия, 1976.
4. Mehta P. K. Evaluation of sulfate-resisting cements by a new test method. - Journal of the American Concrete Institute, 1975, №10.

УДК 620.193:691.87:693.554

А. А. ПРОКОПОВИЧ, канд. техн. наук, В. Б. ФИЛАТОВ, инж.
(Куйбышевский инженерно-строительный ин-т)

Оценка степени коррозии продольной арматуры ребристых плит

При проведении натуральных обследований зданий и сооружений наиболее часто встречается коррозия арматуры железобетонных ребристых плит. Так, при обследовании железобетонных конструкций на Волжском автозаводе число ребристых плит перекрытия, в которых отмечена коррозия рабочей арматуры, составляет около 30% дефектных конструкций. По данным [1], после 10 лет эксплуатации около 30% плит имеет коррозионные трещины в ребрах. Причины возникновения и физико-химический механизм развития коррозии изучены достаточно полно [2, 3 и др.].

Коррозия арматуры снижает несущую способность конструкций, делает их непригодными для нормальной эксплуатации. Оценка степени коррозии традиционным способом, т. е. вскрытием арматуры и непосредственными замерами, очень трудоемка, особенно в условиях действующего производства. Поэтому для служб эксплуатации актуальной является задача определения степени коррозии продольной рабочей арматуры ребристых плит по внешнему признаку, не требующему трудоемких работ.

Характерным визуальным признаком коррозии арматуры являются трещины, ориентированные вдоль корродирующей стержней, с шириной раскрытия от 0,1 до 10—12 мм в зависимости от степени коррозии. Следовательно, ширину раскрытия продольных трещин на нижней поверхности ребер плиты можно рассматривать как параметр, характеризующий степень коррозии.

На Волжском автозаводе в 1982 г. проводили специальные натурные обследования эксплуатируемых ребристых плит перекрытий П-1, П-3 для определения зависимости между шириной раскрытия продольных трещин в ребрах плит и степенью коррозии рабочей арматуры. Эти плиты имеют следующие проектные характеристики: длина 5500 мм, ширина 990 мм, высота 500 мм, толщина полки 80 мм, армирование полки сетками из стержней диаметром 8 мм, ширина продольных ребер 110 мм, рабочая арматура продольных ребер класса А-III. Для плит П-1 — два стержня диаметром 28 мм, для П-3 — два стержня диаметром 32 мм с расположением вплотную друг к другу. Толщина защитного слоя бетона в ребрах 30 мм, бетон для плит П-1 марки М300, для П-3 — М400.

Газовоздушная среда под обследованными перекрытиями подвальных помещений преимущественно слабо- и среднеагрессивная, в некоторых зонах при влажности более 75% — сильноагрессивная. В состав газовоздушной среды входят кислые газы SO_2 , NO_2 , H_2S в концентрации, относящейся к группам Б и В [4]. Глубина нейтрализации бетона за 7 лет эксплуатации по результатам натуральных обследований, проведенных на

Волжском автозаводе в 1978 г., составляла в среднем, мм:

- для сильноагрессивных сред (группа газов В) — 30—35;
- для среднеагрессивных сред (группа газов В) — 20—25;
- для слабоагрессивных сред (группа газов Б) — 10.

В процессе обследования замеряли ширину раскрытия продольной трещины в наиболее характерном месте и производили скалывание бетона в ребре плиты до обнажения рабочей арматуры. Затем замеряли толщину слоя ржавчины, фактический (без продуктов коррозии) диаметр рабочей арматуры и толщину защитного слоя бетона. Отмечали характер коррозии и наличие влаги на арматурном стержне. Полученные результаты приведены в таблице.

Построенная по результатам обследования зависимость толщины слоя про-

Ширина раскрытия продольной трещины a_r , мм	Толщина слоя ржавчины Δr , мм	Фактический диаметр рабочей арматуры d_f , мм	Толщина защитного слоя a , мм	Характер коррозии
1	1	34,5	20	Налет. Арматура сухая
1	1,00**	27	15	Сплошная, слоистая. Арматура сухая
2	1,5	28,5	15	Сплошная. Арматура сухая
2	1	27	25	Налет. Арматура сухая
2	1,8*	30	30	Сплошная, слоистая. Арматура сухая
2,5	1,5*	26,5	35	То же
3	1,8*	30,5	30	Сплошная, слоистая. На арматуре влага
3	1,8*	30	37	Сплошная, слоистая. Арматура сухая
3	1,8*	30	30	То же
3,5	1,5	34,5	30	Сплошная. Арматура сухая
5	1,5	30,5	30	Сплошная, слоистая. Арматура сухая
5	1,5	30,5	40	То же
6	2,5	33,5	30	»
6	3*	25	25	»
7	2,5	29,5	30	»
7	3**	26	30	»
9,5	4,2*	28	30	Сплошная, слоистая. На арматуре влага
10	5*	31	30	То же

* Среда среднеагрессивная.
** Среда сильноагрессивная.

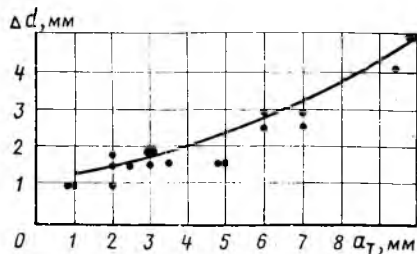
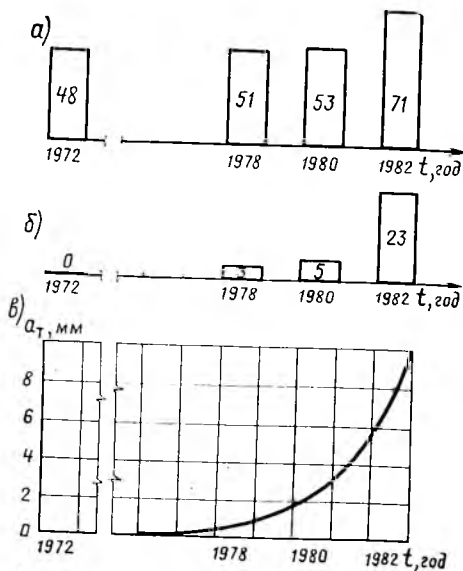


Рис. 1. Зависимость толщины слоя продуктов коррозии от ширины раскрытия продольных трещин

Рис. 2. Динамика развития повреждений конструкций подвальных помещений

а — общее количество дефектных конструкций; б — количество продольных трещин в ригелях и плитах; в — изменение максимальной ширины раскрытия продольных трещин во времени



дуктов коррозии арматуры от ширины раскрытия продольных трещин в ребрах плит приведена на рис. 1. Уравнение регрессии, полученное методом наименьших квадратов, имеет вид

$$\Delta d = 1,22 + 0,099 a_T + 0,027 a_T^2 \quad (1)$$

Величина теоретического корреляционного отношения $\eta_T = 0,96$ позволяет сделать вывод о тесной связи между исследуемыми параметрами.

Сравнение результатов обследований одних и тех же конструкций, проведенное в 1972, 1978, 1980 и 1982 гг., показы-

вает, что общее число дефектных конструкций до 1978 г. сохранялось постоянным (рис. 2, а), а затем начался их прирост за счет более интенсивного появления продольных трещин (рис. 2, б). Максимальная ширина раскрытия продольных трещин в 1982 г. увеличилась в 3 раза по сравнению с 1980 г. (рис. 2, в) и достигла 10 мм, хотя около 10 лет назад таких трещин вообще не было, а в 1978 г. ширина их раскрытия не превышала 0,5 мм. Сравнение данных на рисунках показывает, что максимальная скорость коррозии рабочей арматуры в существующих условиях составляет 2 мм в год.

Интенсивное появление и развитие продольных трещин связано, видимо, с полной нейтрализацией защитного слоя из-за недостаточной плотности бетона отдельных плит перекрытия. Толщина защитного слоя колеблется от 15 до 40 мм. Достаточно четкой и определенной связи между толщиной защитного слоя и толщиной слоя продуктов коррозии не обнаружено.

Выводы

Установлена зависимость степени коррозии рабочей арматуры от ширины раскрытия продольных трещин в ребрах плит, которая описывается регрессионной кривой (1).

Полученная по результатам натуральных обследований регрессионная кривая зависимости толщины слоя продуктов коррозии арматуры от ширины раскрытия продольных трещин позволяет работникам служб эксплуатации оперативно и с достаточной степенью надежности получать информацию о степени коррозионного поражения рабочей арматуры в продольных ребрах плит. Полагая, что объем продуктов коррозии примерно в 2 раза больше объема проржавевшего металла, можно легко оценить степень снижения несущей способности эксплуатируемых плит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев С. Н., Розенталь Н. К. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде. М., Стройиздат, 1976.
2. Москвин В. М., Алексеев С. Н., Вербецкий Г. П., Новгородский С. И. Трещины в железобетоне и коррозия арматуры. М., Стройиздат, 1971.
3. Алексеев С. Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне. М., Стройиздат, 1968.
4. СНиП II-28-73*. Защита строительных конструкций от коррозии. Нормы проектирования. М., Стройиздат, 1980.

Использование промышленных отходов

УДК 693.542.4

Л. Г. ПРИМАЧЕВА, канд. хим. наук, Т. Н. БУГАЕВА, инж. (Красноярский политехнический ин-т); А. И. БАТРАК, канд. техн. наук (Красноярский инженерно-строительный ин-т); Н. Н. КОВАЛЬСКАЯ, канд. техн. наук (Красноярский ПромстройНИИпроект)

Пластификаторы на основе щелоков из сибирских пород древесины

Лигносульфонаты, составляющие основную часть щелоков — отходов производства целлюлозы, являются перспективными добавками к цементным и бетонным составам. Они хорошо растворяются в воде, нетоксичны, имеют низкую стоимость, высокую пластифицирующую способность. Их использование повышает долговечность бетона.

Щелоки бисульфитных варок целлюлозы высокого выхода Красноярского целлюлозно-бумажного комбината можно использовать в качестве пластифицирующих добавок к цементам и бетонам. Для исследования этих качеств были взяты концентраты технических щелоков различных составов, содержащие 50—

63% лигносульфонатов, 4—20% редуцирующих веществ и 2—22% органических кислот. Несмотря на различия компонентного состава магнийбисульфитных щелоков, пластифицирующий эффект с их применением аналогичен эффекту от добавок на основе сульфитно-дрожжевой бражки Соликамского и Краснокамского ЦБК.

Анализ физико-химических свойств бетонной смеси показал, что наибольшей пластифицирующей способностью обладают щелоки от варки хвойных пород древесины с высоким содержанием лигносульфонатов (52—57%). Меньшее содержание лигносульфонатов в щелоках от варки смешанных пород древесины

снижает их пластифицирующую способность.

Концентрат щелока, содержащего 56% лигносульфонатов, 12,5% редуцирующих веществ и 10,5% органических кислот, полученного от варки хвойных пород древесины целлюлозного производства, исследовали в качестве пластификатора бетонных смесей при расходе быстротвердеющего ачинского портландцемента 380 кг и $B/C = 0,42$. Результаты испытания приведены в табл. 1.

Было выявлено, что при введении добавки магнийбисульфитных щелоков (0,25 и 0,35% массы цемента) пластичность бетонных смесей увеличивается, но при этом снижаются прочностные свой-

Таблица 1

Объем добавки от массы цемента, %	Осадка конуса, см	Объемная масса, кг/см ³	Прочность бетонов, МПа		
			после пропаривания	пропаривание + 28 сут твердения	28 сут твердения без пропаривания
Без добавки	2—3	2380	23,5	35,2	36,4
0,25	9—10	2385	23,2	27,6	29,1
0,35	12—13	2370	21,0	29,7	28,5
0,50	15—17	2370	16,6	23,3	25,8

ства бетонов. При увеличении добавки до 0,5% пластичность увеличивается незначительно, а прочность пропаренного бетона после хранения в течение 28 сут снижается на 34%.

Щелоки бисульфитных варок недостаточно эффективны при тепловой обработке железобетонных конструкций, так как при их введении прочность изделий уменьшается более чем на 0,5%. Это связано с избирательной адсорбцией лигносульфонатов на минерале С₃А, создающим коагуляционные структуры, а также торможением реакции гидратации других минералов [1].

Для улучшения свойств технических щелоков в качестве пластификаторов цемента и бетонов необходимо было выявить избирательное влияние компонентного состава лигносульфонатов, олигосахаридов на свойства цементного теста, бетонных смесей и бетонов. Содержание редуцирующих веществ в технических щелоках до 19—20% существенно не повлияло на снижение прочностных свойств бетонов по сравнению с партией, в которой оно составляло всего 4,05%. Это, вероятно, можно объяснить тем, что углеводы в щелоках бисульфитных варок целлюлозы высокого выхода присутствуют в олигоформе.

Было исследовано влияние олигосахаридов на свойства бетонов. Изменение свойств бетонов при дозировке добавки олигосахаридов 0,25, 0,35 и 0,5% массы цемента показано в табл. 2.

Олигосахариды эффективно пластифицируют бетонные смеси, но при введении 0,5% их добавки прочность бетонов после пропаривания снижается на 44%, что говорит о сильном их замедляющем эффекте на твердение бетонов в начальный период. Заметно ниже прочность пропаренного бетона и после хранения в течение 28 сут.

Установлено, что важное влияние на пластифицирующее и воздухововлекающее действие лигносульфонатов оказывает их молекулярная масса [2]. По мнению Г. М. Тарнаруцкого, диспергирующий эффект лигносульфонатов в цементных системах возрастает до определенного предела, после достижения которого начинает снижаться. Оптимум эффекта диспергирования достигается при введении лигносульфонатов с молекулярной массой $8,1 \cdot 10^3$ — $2,0 \cdot 10^4$ [3]. Рекомендуется [4] для получения бетона с хорошими прочностными характеристиками вводить лигносульфонатные добавки с молекулярной массой $1,5 \cdot 10^4$ — $2,0 \cdot 10^4$.

Нами было установлено, что лучшими пластифицирующими свойствами без

снижения прочности бетона обладают фракции лигносульфонатов магнийбисульфитного производства целлюлозы с молекулярной массой $1,0 \cdot 10^4$ — $1,9 \cdot 10^4$, причем это справедливо для портландцементов и сульфобелитоалюминатного цемента. Исследование действия на бетонные фракции лигносульфонатов с молекулярной массой $1,0 \cdot 10^4$ — $1,4 \cdot 10^4$, не содержащей редуцирующих веществ, приведено в табл. 3.

Анализ испытания бетонов с пластифицирующими добавками в виде модифицированных лигносульфонатов показал, что их пластические свойства незначительно выше, чем бетонов на магнийбисульфитных щелоках. Это обусловлено тем, что олигосахариды, входящие в состав технических щелоков, тоже явля-

Таблица 2

Количество добавки, % массы цемента	Осадка конуса, см	Прочность бетона на сжатие, МПа		
		после пропаривания	пропаривание + 28 сут твердения	28 сут твердения без пропаривания
Без добавки	2—3	23,5	35,2	36,4
0,25	10—15	20,9	29,1	27,3
0,35	12—16	20,8	29,6	24,3
0,50	13—14	11,5	26,9	23,3

Таблица 3

Количество добавки, % массы цемента	Осадка конуса, мм	Прочность бетона при сжатии, МПа		
		после пропаривания	пропаривание + 28 сут хранения	28 сут хранения без пропаривания
Без добавки	2—3	25,2	35,2	36,4
0,25	9—10	21,5	32,4	36,8
0,35	16—17	21,8	33,3	35,2
0,50	19—20	20,9	30,4	32,7

Таблица 4

Количество добавки, % массы цемента	Нормальная густота цементного теста, %		
	портландцемента Лчинского 3-да	портландцемента Красноярского 3-да	сульфобелитоалюминатного цемента
0	24,6	26,0	30,0
0,20	21,7	22,0	29,0
0,30	20,8	21,4	28,3
0,35	20,4	21,0	29,0
0,40	20,0	20,7	27,3
0,50	19,2	20,0	26,5
0,70	18,1	19,4	26,0

ются эффективными пластификаторами, их присутствие не снижает пластифицирующих свойств щелоков. Прочностные же свойства бетонов с модифицированными лигносульфонатами заметно возрастают. Так, при введении 0,5% добавки магнийсульфитных щелоков прочность после пропаривания снизилась на 29%, а через 28 сут твердения после пропаривания прочность бетона снизилась на 44%. При введении 0,5% добавки модифицированных лигносульфонатов прочность после пропаривания снизилась на 6% и через 28 сут в пропаренных образцах и образцах нормальной твердения снизилась на 11%.

Исследования влияния добавки модифицированных лигносульфонатов на свойства цементного теста показали, что нормальная густота цементного теста снижается с увеличением количества добавки. При введении 0,7% добавки нормальная густота уменьшается на 18—22%. Результаты исследований приведены в табл. 4.

Избирательно добавка действует на сроки схватывания цементного теста, приготовленного на различных видах цемента. Начало схватывания портландцемента сокращается с 2 ч 55 мин (без добавки) до 50 мин с введением добавки в количестве 0,7%; конец схватывания —

Таблица 5

Сроки схватывания	Цемент	Количество добавки, % массы цемента			
		0	0,2	0,35	0,7
Начало	Портландцемент	2 ч 50 мин	2 ч 50 мин	2 ч 30 мин	2 ч 00 мин
Конец		4 ч 55 мин	4 ч 50 мин	4 ч 12 мин	3 ч 57 мин
Начало	Сульфобелитоалюминатный	12 мин	14 мин	17 мин	36 мин
Конец		16 мин	18 мин	26 мин	56 мин

Таблица 6

Бетон	Модуль упругости, МПа	Ползучесть, см ² /Н	Пористость, %	Линейное расширение, % через	
				1 сут	28 сут
Без добавки	2,79·10 ⁴	14,15·10 ⁻⁷	15—16	0,02	0,03
0,35% добавки	3,02·10 ⁴	11,6·10 ⁻⁷	10—12	0,12	0,14

с 4 ч 55 мин (без добавки) до 2 ч 10 мин. Короткие сроки схватывания, характерные для сульфобелитоалюминатного цемента, удлиняются с 12 мин (начало схватывания, без добавки) до 35 мин (с 0,7% добавки) и с 16 мин (конец схватывания, без добавки) до 56 мин (с 0,7% добавки). Результаты испытаний приведены в табл. 5.

Одновременно повышаются деформативно-структурные характеристики бетона и цементного камня — модуль упругости и линейное расширение, снижается пористость и ползучесть. Результаты исследований приведены в табл. 6.

Исследования в бетонах различных фракций лигносульфонатов показали, что прочность при сжатии контрольных образцов в условиях нормального твердения без добавки или с добавкой СДБ оказалась ниже, чем составов с добавкой модифицированных лигносульфонатов с молекулярной массой $1,0 \cdot 10^4$ — $1,4 \cdot 10^4$. Это свидетельствует о большой степени уплотнения составов с добавкой модифицированных лигносульфонатов магнийбисульфитных щелоков. Так, в условиях нормального твердения через 28 сут бетон без пластификатора имел прочность 24,6 МПа, с добавкой 0,2% СДБ прочность составила 23 МПа, с введением в бетонную смесь 0,35% модифицированных лигносульфонатов прочность при сжатии составила 31,6 МПа. При этом пластичность бетонных смесей по осадке конуса составила соответственно 3, 10 и 12 см.

Выводы

Производственные щелоки Красноярского целлюлозно-бумажного комбината показывают хорошие пластифицирующие свойства, не уступающие стандартным бардыям концентратам. Однако олигосахариды, содержащиеся в бисульфитных щелоках, снижают прочность пропаренного бетона при дозировке щелока более 0,3%. Использование смешанных пород древесины для варки целлюлозы высокого выхода на Красноярском целлюлозно-бумажном комбинате приводит к получению различных по содержанию олигосахаридов и других компонентов щелоков. На основе щелоков магнийбисульфитной варки сибирских пород древесины можно получить эффективные пластифицирующие и упрочняющие добавки к цементам и бетонам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ратинов В. Б., Иванов Ф. М. Химия в строительстве. М., Стройиздат, 1977.
2. Сергеева В. Н., Тарнарукский Г. М., Грибанова В. Н. Лигносульфонаты как пластификаторы цемента. — Химия древесины, 1979, № 3.
3. Тарнарукский Г. М., Малнин Ю. С. Новые пластифицирующие добавки к бетону — Цемент, 1980, № 9.
4. Баженов Ю. М., Покровская Е. Н., Никифорова Т. А. Влияние молекулярных масс СДБ на свойства бетона. — Бетон и железобетон, 1980, № 6.

В порядке обсуждения

УДК 691.327.539

В. П. СИЗОВ, канд. техн. наук

О физико-химическом факторе прочности бетона

Прочность бетона, как известно, зависит от многих факторов, но основным из них является закон водцементного отношения (B/C), который и положен в основу формул для определения прочности бетона, в том числе и в общепринятую:

$$R_6 = A R_{ц} (C/B - 0,5). \quad (1)$$

Закон B/C ранее был положен в основу метода подбора состава бетона, разработанного Б. Г. Скрамтаевым.

Следует напомнить, однако, что закон B/C и метод подбора состава бетона в разное время резко критиковались на страницах журналов и газет. На Конференции по мелким пескам и методам подбора состава бетона, проходившей в 1959 г. в Волгограде, был подведен итог спору, подтверждена правомерность закона водцементного отношения и общепринятого метода подбора состава бетона.

После конференции эта работа была продолжена. В частности, в НИИЖБ разработано Руководство [1] по подбору составов тяжелого бетона с учетом современных достижений в области теории и технологии. Метод подбора основывается на законах B/C , постоянной водопотребности и др. Расчет состава бетона изложен четко и доступно. Руководство является практическим и методическим пособием для строительных и заводских лабораторий.

Однако в последнее время вновь стали появляться статьи, монографии, учебные пособия, в которых вводятся новые термины, понятия, формулы для определения прочности бетона и на их основе излагаются методы подбора состава бетона, отличные от принятых ранее.

В частности, в работах [2, 3] критикуются законы постоянной водопотребности и водцементного отношения и утверждается, что недостатки в подборах состава бетона обусловлены использованием этих законов. Для устранения этих недостатков автор упомянутых работ вводит новое понятие — фактор прочности бетона ($\Phi_{п.б.}$), который определяется как отношение массы химически связанной воды ($B_{х.с.}$) к массе химически несвязанной воды ($B_{н.с.}$). Введя это понятие, вместо зависимости $R_6 = f(B/C)$ он предлагает новую зависимость $R_6 = f(B_{х.с.}/B_{н.с.})$ или

$$R_6 = f(\Phi_{п.б.}). \quad (2)$$

Основываясь на зависимости (2), он предлагает новую формулу для определения прочности бетона

$$R_6 = K R_{ц} (B_{х.с.}/B_{н.с.}) \quad \text{или} \\ R_6 = K R_{ц} \Phi_{п.б.}, \quad (3)$$

где K — относительный показатель использования активности цемента в бе-

тоне, выражающий отношение $M/\Phi_{п.б.}$ ($M = R_6/R_{ц.к.}$):

$$\Phi_{п.б.} = B_{х.с.}/B_{н.с.}$$

Значение K , по данным [2, 3], колеблется от 0,8 до 1,2. Однако четкие рекомендации, в каких случаях K нужно принимать равным 0,8 или 1,2, не даны. Как видно из табл. 1 и 2, каждому значению M соответствует определенное значение K , поэтому принимать одно из указанных значений K , а также из условия $M = \Phi_{п.б.}$ нельзя.

Расход воды на 1 м^3 бетона предлагается определять не по Руководству [1], а по формуле

$$B = B_{х.с.} + B_{н.с.} \quad (4)$$

Объем химически связанной воды рекомендуется вычислять по формуле

$$B_{х.с.} = C \alpha, \quad (5)$$

где C — расход цемента на 1 м^3 бетона, кг; α — количество химически связанной воды (от массы цемента) в возрасте 28 сут.

Значение α рекомендуется принимать равным 0,2 (20%) независимо от вида и минералогического состава цемента. Однако эти рекомендации являются сугубо ориентировочными. Например, по данным Ю. М. Бутта, в зависимости от минералогического состава цемента α колеблется от 0,909 до 0,21. Следовательно, принятие $\alpha = 0,2$ приведет к неточному определению $B_{х.с.}$. Прямой способ определения α путем сушки и прокалывания сложен, а установление его по наибольшей прочности цементного камня ($R_{ц.к.}$) требует проведения дополнительных опытов.

Кроме $B_{х.с.}$, $B_{н.с.}$, $\Phi_{п.б.}$, K и α вводятся также понятия $q_{ц}$ и Q и предлагаются формулы для их определения:

$$q_{ц} = C/(100 M); \quad (6)$$

$$Q = B_{х.с.}/(100 M) \quad \text{или} \quad Q = \alpha q_{ц}, \quad (7)$$

где $q_{ц}$ и Q — удельные расходы цемента (C) и химически связанной воды ($B_{х.с.}$) на единицу относительной прочности (M).

По данным [2, 3], значение $q_{ц}$ колеблется от 4 до 6, а Q — от 0,8 до 1,2. Однако в работах не приводятся подробных данных, поясняющих, для какой марки бетона, с какой О.К. смеси, на составляющих какого качества следует принимать то или иное значение $q_{ц}$ и Q . Как следует из табл. 1 и 2, каждому значению M в зависимости от качества заполнителей соответствует строго определенное значение $\Phi_{п.б.}$, $q_{ц}$ и Q . Поэтому принятие $\Phi_{п.б.} = M$, $q_{ц} = 4,5$, $Q = 0,9$, как это рекомендуется в [3], приведет к неточному определению расхода цемента и воды на 1 м^3 бетона.

Расход химически несвязанной воды определяется на основе зависимости $V_{х.с.}/V_{нс} = \Phi_{п.б}$ по формуле $V_{нс} = V_{х.с.}/\Phi_{п.б}$, но $\Phi_{п.б}$ неизвестен, поэтому его рекомендуется принимать равным M , тогда $V_{нс} = V_{х.с.}/M$. Однако, как уже было сказано выше, такая замена неправомерна.

Из изложенного следует, что при подборе состава бетона V/C исключается, вместо него введено $\Phi_{п.б}$, а расход цемента и воды определяется с учетом α , q_c и Q . Их значения заранее неизвестны, а четкие рекомендации по их назначению в [2, 3] отсутствуют. Точность подбора состава бетона будет низкой.

Приведем пример расчета состава бетона марки М300, на цементе марки 400 ($R_c = M_c$, где M_c — марка цемента). Осадка конуса смеси в предлагаемом методе не учитывается.

Вначале определяем $M = R_c/R_{ц} = 300/400 = 0,75$. Затем вычисляем $\Phi_{п.б}$, принимая K равным 0,8; 1,0; 1,2, тогда $\Phi_{п.б} = 0,75/0,8 = 0,938$; $\Phi_{п.б} = 0,75/1 = 0,75$; $\Phi_{п.б} = 0,75/1,2 = 0,626$. Далее устанавливаем расход цемента по формуле $C = q_c M$. Принимая q_c равным 4; 5 и 6, имеем $C = 4 \cdot 0,75 = 300$; $C = 5 \cdot 0,75 = 375$; $C = 6 \cdot 0,75 = 450$ кг/м³ бетона (q_c заранее неизвестно, поэтому C определяли при трех значениях q_c).

Зная расход цемента (C) и принимая $\alpha = 0,2$, определяем объем химически связанной воды:

$$V_{х.с.} = 300 \cdot 0,2 = 60; \quad V_{х.с.} = 375 \cdot 0,2 = 75; \quad V_{х.с.} = 450 \cdot 0,2 = 90 \text{ л.}$$

Принимая $K=1$ (тогда $\Phi_{п.б} = M$), определяем объем химически несвязанной воды по формуле $V_{нс} = V_{х.с.}/\Phi_{п.б}$ или $V_{нс} = V_{х.с.}/M$ при трех значениях $V_{х.с.}/V_{нс} = 60/0,75 = 80$; $V_{нс} = 75/0,75 = 100$; $V_{нс} = 90/0,75 = 120$ л. В данном случае принято $K=1$ и $\Phi_{п.б} = M$, но K можно принимать равным 0,8 и 1,2, а $\Phi_{п.б}$ — равным 0,938 и 0,626, тогда еще добавится шесть значений расходов $V_{нс}$.

Рассчитав $V_{х.с.}$ и $V_{нс}$ и приняв за основу $\Phi_{п.б} = M$, определяем общий расход воды по формуле (4):

$$V = 60 + 80 = 140; \quad V = 75 + 100 = 175; \quad V = 90 + 120 = 210 \text{ л.}$$

Из примера видно, что, принимая различные значения q_c , K и $\Phi_{п.б} = M$, получаем разные величины расхода цемента и воды, но определить трудно, какие из них следует принимать за основу. Подбор состава бетона заканчивается установлением C и V , но как определить расход заполнителей, в работах [2, 3] не говорится. Не дается обоснования, почему из расчетов состава бетона исключается $O.K.$ Не показано влияние качества составляющих на состав бетона. Метод не исключает экспе-

Показатели бетона	Характеристики бетона при V/C						
	0,356	0,413	0,503	0,587	0,706	0,88	1,17
Расход воды, л	196	186	176	176	176	176	176
Расход цемента, кг	550	450	350	300	250	200	150
$V_{х.с.}$, л	110	90	70	60	50	40	30
$V_{нс}$, л	86	96	106	116	126	136	146
$\Phi_{п.б} = V_{х.с.}/V_{нс}$	1,28	0,94	0,66	0,518	0,397	0,294	0,206
R_c , кгс/см ²	480	402	325	266	202	140	78
$M = R_c/R_{ц}$	1,2	1,005	0,813	0,666	0,505	0,35	0,194
$K = M/\Phi_{п.б}$	0,94	1,065	1,235	1,29	1,275	1,79	0,94
$q_c = C/(100M)$, кг	4,58	4,47	4,3	4,5	4,95	5,72	7,72
$Q = \alpha q_c$, кг	0,916	0,894	0,864	0,90	0,99	1,144	1,544

Примечание. Бетон на цементе марки 400, песке с $M_{кр} = 2,89$ и щебне с $НК = 20$ мм; смесь с $O.K. = 2$ см.

Таблица 2

Показатели бетона	Характеристики бетона при V/C						
	0,31	0,356	0,43	0,5	0,6	0,75	1,0
V , л	170	160	150	150	150	150	150
$\Phi_{п.б}$	1,84	1,28	0,88	0,668	0,50	0,364	0,25
M	1,45	1,26	1,04	0,86	0,667	0,477	0,285
K	0,788	0,985	1,18	1,285	1,335	1,31	1,14
q_c , кг	3,8	3,57	3,35	3,50	3,74	4,2	5,25
Q , кг	0,76	0,714	0,67	0,70	0,748	0,84	1,05

Примечание. Бетон на щебне с $НК = 70$ мм и песке с $M_{кр} = 2,89$

риментальной проверки. Однако по Руководству [1] расчет состава бетона можно сделать более быстро и точно с учетом осадки конуса и качества составляющих, например:

$$1) V/C = \frac{0,52 \cdot 400}{300 + \frac{0,52 \cdot 400}{2}} = 0,516 \text{ (по формуле 1);}$$

$$2) V = 175 \text{ л (по работе [1] для } O.K. = 2 \text{ см);}$$

$$3) C = 175/0,518 = 339 \text{ кг.}$$

Из приведенных данных видно, что:

$$M = 300/400 = 0,75; \quad \Phi_{п.б} = 339 \cdot 0,2 / (175 - 339 \cdot 0,2) = 0,642 \neq 0,75;$$

$$K = 0,75/0,642 = 1,17 \neq 0,8; \quad 1,0 \text{ и } 1,2 \text{ (по формуле 3);}$$

$$q_c = C/(100M) = 339/75 = 4,5 \neq 4; \quad 5; \quad 6 \text{ (по формуле 6);}$$

$$Q = 67,8/75 = 0,93 \neq 0,8; \quad 1,0; \quad 1,2 \text{ (по формуле 7).}$$

Выводы

Формула (3) не имеет никаких преимуществ перед формулой (1). Данные для назначения K и $\Phi_{п.б}$ не разработаны. Неясно, какие значения K и $\Phi_{п.б}$ необходимо принимать при расчете R_c . Формула не дает возможности также прогнозировать прочность бетона. Метод подбора состава бетона не разработан в полной мере, он не имеет никаких

преимуществ перед методом, изложенным в Руководстве [1]. Расчет состава бетона ограничивается определением C и V .

Значение α принимается равным 0,2, однако в бетонах оно изменяется в больших пределах (9—21%).

Подробные данные для назначения q_c и Q не приводятся. Рекомендации по их назначению весьма ориентировочны.

Состав бетона рассчитывается без учета $O.K.$ и качественных характеристик заполнителей и цемента, их влияние на состав бетона не показано.

Метод подбора состава бетона не исключает пробное затворение, поэтому нет смысла его усложнять.

Учитывая сказанное выше, описанный в [2, 3] метод подбора состава бетона в представленном виде не может быть рекомендован к применению строительными и заводскими лабораториями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по подбору составов бетона. М., Стройиздат, 1979.
2. Вольф И. В. Физико-химический фактор прочности бетона и его определение. Доносский ПромстройНИИпроект, 1981.
3. Вольф И. В. Подбор состава бетона по показателям его прочности и водопотребности бетонной смеси. — В кн.: Совершенствование методов проектирования состава и контроля качества бетона. МДНТИ, 1982.

Вниманию авторов и читателей!

Доводим до Вашего сведения, что редакция журнала «Бетон и железобетон» переехала в другое помещение по адресу: Георгиевский пер., д. 1, строение 5, 3-й этаж. Телефоны редакции: 294-41-34; 292-62-05.

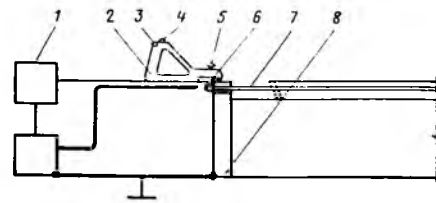
Почтовый адрес редакции (экспедиции) остается прежним: 101442, ГСП, Москва, К-6, Каляевская ул., 23а.

В. Н. САМСОНОВ, инж. (Янгиерский комбинат строительных материалов и конструкций)

Устройство для натяжения высокопрочной проволоки

Электротермическое натяжение высокопрочной проволоочной арматуры является трудоемким процессом. Предложенный способ обеспечивает качественное натяжение арматуры при минимальном времени нагрева (15—20 с) стержня по всей длине и оперативной укладке арматуры в прорезь упора формы. Натяжение высокопрочной проволоочной арматуры класса Вр-I диаметром 5 мм производится специальным устройством*, которое выполнено в виде ручного переносного инструмента, состоящего из корпуса с рукояткой, токоподводящей губки, выталкивателя, кнопки подачи тока для нагрева проволоки и индикатора нагрева (см. рисунок).

Устройство работает следующим образом. Оператор заводит в прорезь упоров формы проволоочную арматуру, затем с противоположной стороны



Электрическая схема устройства для электротермического натяжения высокопрочной проволоки

1 — реле времени станции управления; 2 — корпус; 3 — кнопка подачи тока для нагрева; 4 — индикатор нагрева; 5 — выталкиватель; 6 — токоподводящая губка; 7 — арматурный стержень; 8 — прорезь упора формы

формы в токоподводящую губку устройства устанавливает арматурный стержень с высаженной головкой и анкерной втулкой, слегка поднимает устройство над формой и натягивает стержень для исключения замыкания его на поддон формы. Кнопкой подачи тока дистанционно производится включение источника тока и индикатора нагрева стержня; реле времени стан-

ции управления регламентирует время нагрева стержня (15—20 с). После отключения индикатора нагрева оператор подводит стержень к упору формы и нажатием на выталкиватель устанавливает его в прорезь упора формы.

Выполнение устройства в виде ручного инструмента и использование упоров формы в качестве токоподводящих губок позволяют вместо двух операторов, занятых на этих операциях, использовать только одного. При этом исключается операция по переносу нагретых стержней от установки к формам. Снижения прочности арматуры из-за перегрева не наблюдается. В качестве источника тока используют сварочный трансформатор ТС-300 или ТС-500. При известном способе все формы необходимо подносить к нагревательной установке. В данном случае можно переносить только ручной инструмент в довольно широких пределах.

Простота, мобильность, производительность и небольшая масса устройства (1,5 кг) позволяют широко применять его не только на заводах ЖБИ, но и при несложном формовочном оборудовании непосредственно на полигонах в местах строительства, на строительных площадках, объектах, где требуется натяжение высокопрочной проволоочной арматуры в любом пространственном положении.

С запросами обращаться по адресу: 708216, Узбекская ССР, Сырдарьинская область, г. Янгиер, Комбинат строительных материалов и конструкций имени В. И. Ленина.

Библиография

УДК 691.327:666.9.019.3*313*

Опыт, заслуживающий популяризации

Добролюбов Г., Ратинов В. Б., Розенберг Т. И. Прогнозирование долговечности бетона с добавками. М., Стройиздат, 1983. 212 с., 4000 экз.

Среди многих книг, выпускаемых в последнее время Стройиздатом, особого внимания заслуживают издания, подготовленные совместно советскими и зарубежными специалистами. Работа над подобными изданиями сближает авторов—представителей разных стран, их содружество обычно сохраняется на протяжении многих лет, взаимно обогащая всех его участников и тех, кто знакомится с публикациями. Участие в подобном содружестве ученых инженерно-технических работников расширяет круг объектов и методов экспериментальных исследований, позволяет объективно анализировать разные подходы к практическим задачам и выявить причины, их обусловившие. В таких изданиях обычно содержатся более общие решения, поскольку синтезируется опыт разных школ.

Рецензируемая монография подтверждает эти положения. Она написана из-

вестными исследователями в области химических добавок к минеральным вяжущим веществам и бетонам из них: представителями советской научной школы и авторитетным специалистом из Швейцарии, чьи публикации в области долговечности бетона, в том числе доклад на Втором международном симпозиуме по зимнему бетонированию (Москва, 1975 г.), были с интересом встречены инженерной общественностью. Проблема, которой посвящена книга, актуальна и злободневна, причем по мере расширения масштабов применения химических добавок в строительстве и строительной индустрии важность ее будет возрастать.

Из нескольких возможных подходов к решению этой проблемы авторы избрали физико-химический. При этом прогноз долговечности бетона основывается на раскрытии механизма процессов, протекающих при введении

добавок разных классов. Этой цели подчинена и архитектура монографии: ее первая и часть второй главы посвящены физическим и физико-химическим аспектам долговечности бетонов с индивидуальными и многокомпонентными (комплексными) добавками. Это позволило авторам обоснованно, с единых позиций подойти к прогнозированию морозостойкости и сульфатостойкости бетона с такими добавками — по их влиянию на структуру цементного камня и текстуру бетона с учетом вещественного и химико-минералогического состава цемента. Подобное направление перспективно и важно.

Авторам удалось преодолеть немало трудностей, обусловленных многоплановостью самой проблемы и недостаточной изученностью позитивного и негативного действия отдельных добавок на долговечность бетона, и успешно справиться с поставленной задачей.

Однако книга выиграла бы, если бы в ней более подробно анализировались роль промежуточного вещества, состоящего преимущественно из минерала C_3A , и влияние на него химических добавок различной природы, в том числе поверхностно-активных. Следовательно также развить вопросы морозостойкости бетонов на тонкомолотых шлакопортландцементных, в том числе со значительным содержанием шлака, после их тепловлажностной обработки по разным режимам. Отчужденные данные свидетельствуют о том, что на этих видах минеральных вяжущих бетоны после тепловлажностной обработки обладают высокой долговечностью.

В книге хорошо систематизированы методы ускоренных испытаний бетонов с добавками и подробно проанализированы параметры, наиболее чувствительные к изменению физико-механических и деформативных свойств бетона при воздействии на него агрессивных сред или попеременного замораживания и оттаивания. Однако авторы несколько недооценили возможности, заложенные в таком методологическом подходе, согласно которому о морозостойкости бетона судят по внешнему виду образцов, оцениваемой специальными эталонами по десятибалльной шкале. Авторы описывают по большей мере методику, однако уделяют ей меньше внимания, чем, например, описанию принципов, заложенных в ускоренных испытаниях бетона с добавками в Швейцарии и некоторых других странах.

Хорошее впечатление оставляет и последняя, четвертая глава монографии, посвященная сульфатостойкости бетонов с добавками. Авторы сохранили тот же подход к влиянию химических добавок на сульфатостойкость бетона. Это позволило им с единых позиций оценить роль добавок и сделать некоторые обобщения. Достаточно места отведено при этом вещественному и химико-минералогическому составу цементов в сульфатостойкости бетона с добавками. Это направление, как и вся проблема влияния различных химических добавок на долговечность бетона, и возможности ее прогнозирования с использованием объективных физических критериев, включая методы ускорения испытаний без нарушения основных закономерностей протекающих при этом реакций и процессов, находятся сейчас в стадии интенсивного развития и совершенствования. Нет сомнения, что в сравнительно недалеком будущем появятся новые данные, а может быть, и оригинальные подходы к этим вопросам.

К сожалению, оформление книги несколько неудачно.

Таким образом, положительно оценивая рецензируемую книгу, а также опыт совместных изданий в целом, хотелось бы, чтобы качество таких книг было на высоком профессиональном уровне при хорошем полиграфическом исполнении.

С. В. ШЕСТОПЕРОВ, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, лауреат Государственных премий СССР, д-р техн. наук, проф.

Информация

УДК 69.003:658.011.8

Внедрение передового опыта в строительстве

В 1984 г. трест Оргтехстрой Костромского ТУС провел две межпостроечные школы передового опыта в строительстве. Рассматривали эффективность передовых методов труда и их внедрение на стройках территориального управления строительства.

Одним из наиболее трудоемких процессов строительно-монтажных работ является возведение монолитных бетонных и железобетонных конструкций, особенно в зимний период в условиях низких температур. В связи с этим интересна работа по целевой программе «Термобетон», внедряемая на стройках. Используются два метода: термоактивные гибкие покрытия (ТАГП) и нагревательные провода марки ПОСХВ и их комплексное применение.

ТАГП предназначены для обогрева открытых поверхностей монолитных бетонных и железобетонных конструкций, возводимых при температуре наружного воздуха до $-40^{\circ}C$ и скорости ветра 15 м/с. Подключение ТАГП к понижающим трансформаторам осуществляется с помощью кабельных линий с клеммными коробками на 6 и 12 отводов. Можно выполнять прогрев и нагревательными проводами. Такая работа проведена на Комплексном предприятии бытового обслуживания на строительстве 80-квартирного жилого дома в Березовой роще по прогреву монолитного ростверка и стыков между колоннами каркасно-панельных зданий. Технология с нагревательными проводами не сложна. На металлические стержни наматывают провод ПОСХВ, выводят его концы и последовательно соединяют кабелем КРПТ и подключают к сети. В течение 52 ч прогрева достигается 80%-ная прочность бетона. Температурный режим поддерживается специальными блок-приставками с замером температуры термометрами. Нагревательные панели обеспечивают сохранение тепла. Нагревательными матами можно прогревать конструкции толщиной не более 30 см. Они обеспечивают поверхностный прогрев, а нагревательные провода создают внутренний прогрев бетона.

Трестом проведены две школы передовых методов труда с участием рабочих-бетонщиков, главных механиков, энергетиков, главных инженеров, прорабов. Участники школ по достоинству оценили новый метод зимнего бетонирования, внедрение которого позволяет экономить металл, сокращает сроки и повышает качество бетонных и железобетонных работ. Экономический эффект от его внедрения составляет от 1 р. 62 к. до 8 р. 74 к. на

прогреве 1 м³ бетона в зависимости от применяемых конструкций.

В территориальном управлении строительства проводится работа по внедрению прогрессивных методов труда с применением полуавтоматов при сварке металлоконструкций, наплавке изделий, при ванной сварке в различных защитных средах (углекислом газе, под слоем флюса), а также с применением специальных сварочных проволок (порошковой и легированной). Внедрение полуавтоматической сварки по сравнению с электродуговой ручной обычными электродами позволит экономить время изготовления, сварочные материалы, металл. Внедрение сварочных проволок сократит расход электродов на 20%, а внедрение порошковой и легированной проволоки на один полуавтомат экономит отходы сварочных материалов на 3%. При внедрении одного полуавтомата на сварочных работах экономический эффект составил до 4 тыс. р., а производительность труда сварщиков повысится в 3—4 раза. В 1983 г. эффект по сварочным работам составил 40 тыс. р. В нынешнем году предполагается внедрить 6 полуавтоматов, что обеспечит экономии средств свыше 25 тыс. р.

Проведенная с участием ПТИОМЭС Минстроя СССР работа по внедрению полуавтомата для сварки колонн серии ИИ-04 на двух объектах показала, что внедрение полуавтоматов для сварки порошковой проволокой под слоем флюса с применением кондукторов высокоэффективно. При сварке стержней арматуры между колоннами известным способом сварщик обычно затрачивает на сварку одной колонны 2—3 ч, а при сварке новым методом с внедрением полуавтомата под слоем флюса и порошковой проволоки — всего 45—60 мин при высоком качестве работ. Кроме того, экономится арматурная сталь, расходуемая на накладки и электроды.

Участники межпостроечной школы передовых методов труда по внедрению полуавтоматов для сварки порошковой проволокой по достоинству оценили новый метод и рекомендовали его к широкому внедрению на стройках при монтаже каркасно-панельных зданий серий ИИ-04 и ИИ-20.

Е. М. НЕГИНСКИЙ, инж. Оргтехстрой Костромского ТУС

Paturoev V. V. The principal sorts of polymer concretes and perspectives of their development
Chebanenko A. I. The foundations of design theory for ferro-polymer concrete structures
Davydov S. S., Phantalov A. M. Bearing structures made of ferro-polymer concrete in industrial construction
Elshin I. M. Polymer concretes in hydrotechnical construction
Otrepiev V. A., Shesterkina N. F. Acid-resisting polymer silicate concrete
Solomatov V. I., Selyaev V. P. Chemical stability of concretes
Choshchshniev K. Ch. Polymer concretes with application of barkhan sands for dry and hot climate
Mikhailov V. V., Litver S. L., Malinina L. A., Panchenko A. I. Regimes of heat treatment for concretes with stressing cement
Dvorkin L. I., Kizima V. P., Dibrov G. D. Technological peculiarities of cast concrete mixes with admixtures of polyfunctional modifiers
Braun I. A., Mamontov Yu. A. Assessment of Torbar reinforcement efficiency
Sereda N. G., Tertyak A. P., Ramazanov N. M., Rotar' I. F., Mitnik G. S. Form-cars with three-point supporting
Altshuller E. M., Tsirik Ya. I. Further development and improvement of cast-in-situ house building
Sannikov I. V. Peculiarities of suspension assembly of precast shells
Gushcha Yu. P., Laricheva I. Yu. Coefficients of prism strength of normal and heavy fine-grained concretes
Zastava M. M. Design determination of creep strains for heavy concrete under variable load

Patourov V. V. Les types principaux des bétons de résin et les perspectives de leur développement
Tchebanenko A. I. Les principes de la théorie de calcul des structures en armo-béton — béton de résin
Davydov S. S., Phantalov A. M. Les structures portantes en armo-béton de résin dans la construction industrielle
Elchine I. M. Les bétons de résin dans la construction hydrotechnique
Otrepiev V. A., Chestjeurkina N. Ph. Les bétons polymer-silicates résistants aux acides
Solomatov V. I., Seljaev V. P. La résistance chimique des bétons
Tchochshchiev K. Tch. Les bétons de résin avec l'utilisation des sables des barkhanes pour le climat sec et torride
Mikhailov V. V., Litver S. L., Malinina L. A., Pantchenko A. I. Les régimes du traitement thermique du béton sur le ciment contraint
Dvorkine L. I., Kizima V. P., Dibrov G. D. Les particularités technologiques des béton frais coulés avec des adjuvants des modificateurs semi-fonctionnels
Braoun I. A., Mamontov Yu. A. L'évaluation de l'efficacité du profilé périodique des armatures
Sereda N. G., Tertjak A. P., Ramazanov N. M., Rotar' I. Ph., Mitnik G. S. Les formes-wagonnets appuyées en trois points
Altchouller E. M., Tsirik Ja. I. Sur le développement ultérieur et sur le perfectionnement de la construction des bâtiments monolithes
Sannikov I. V. Les particularités du montage sous l'abri des enveloppes préfabriquées
Gouchsha Yu. P., Laricheva I. Yu. Les coefficients de la résistance de prisme du béton lourd ordinaire et du béton à grains fins
Zastava M. M. La détermination théorique des déformations de fluage du béton lourd sous la charge variable

Paturojew W. W. Hauptarten von Polymerbetonen und Perspektiven deren Entwicklung
Tschebanenko A. I. Grundlagen der Theorie für Berechnung von Konstruktionen aus Armopolymerbeton
Dawydow S. S., Fantalov A. M. Tragende Konstruktionen aus Armopolymerbeton im Industriebau
Jolschin I. M. Polymerbetone im Wasserbau
Otrepijew W. A., Schestjorkina N. F. Säurebeständige Polymersilikatbetone
Solomatow W. I., Seljajew W. P. Chemische Widerstandsfähigkeit von Betonen
Tschostschschijew K. Tsch. Polymerbetone unter Anwendung von Wüstensand für trockenes und heißes Klima
Michailow W. W., Litwer S. L., Malinina L. A., Pantschenko A. I. Arbeitsregimes der Warmbehandlung von Beton unter Anwendung von Expansivzement
Dworkin L. I., Kisima W. P., Dibrov G. D. Technologische Besonderheiten von Gussbetongemischen mit Zusatzmitteln der polyfunktionellen Modifikatoren
Braun I. A., Mamontow Ju. A. Wirksamkeitsbewertung des ungleichmässigen Profils der Bewehrung
Sereda N. G., Tertjack A. P., Ramazanow N. M., Rotarj I. F., Mitnick G. S. Wagenformen mit Dreipunktauflagerung
Altschuller Je. M., Zirick Ja. I. Weitere Entwicklung und Vervollkommnung des monolithischen Hausbaues
Sannikow I. W. Besonderheiten des Freivorbauens von Schalen aus Fertigteilen
Gustscha Ju. P., Laritschewa I. Ju. Prismenfestigkeitskoeffiziente von normalen Schwerbetonen und feinkörnigen Betonen
Sastawa M. M. Rechnerische Ermittlung von Kriechverformungen des Schwerbetons unter veränderlicher Belastung

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

Технический редактор *Е. Л. Сангурова*

Корректор *А. В. Федина*

Сдано в набор 12.06.84
 Формат 60×90^{1/8} Печать высокая
 Тираж 14655 экз.

Подписано в печать 25.07.84
 Усл. печ. л. 6.0

Усл. кр.-отт. 6,75

Т-16818
 Уч.-изд. л. 8.2
 Зак. 229

Почтовый адрес редакции
 101442, ГСП, Москва К-6, 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
 г. Подольск, ул. Кирова, 25

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru

Авторские свидетельства

№ 7*

№ 1074722. В. В. Молодин, Г. Л. Генцлер и В. И. Зубков. Новосибирский инженерно-строительный ин-т. **Устройство для уплотнения и разогрева бетонной смеси.**

№ 1074723. В. А. Шмелев, М. В. Хвингия, В. С. Сванидзе и др. Ин-т механики машин АН ГССР и ВНИИОТ ВЦСПС в г. Свердловске. **Устройство для формирования длинномерных изделий из бетонных смесей.**

№ 1074729. Г. А. Айрапетов. Грозненский нефтяной ин-т. **Способ изготовления из бетонных смесей трубчатых изделий.**

№ 1074730. Ф. М. Оруджев, Ф. Ю. Мамедов, Ф. Г. Мамедов и др. Научно-исследовательский и проектно-конструкторский ин-т строительных материалов и ВНПО Союзжелезобетон. **Устройство для крепления формы при изготовлении трубчатых изделий из бетонных смесей.**

№ 1074842. В. В. Бабков, В. Н. Мохов, С. М. Капитонов и др. Уфимский нефтяной ин-т. **Бетонная смесь.**

№ 1074979. В. А. Заваров и М. М. Смирнов. **Способ заделки трещин в бетонных конструкциях.**

№ 1074982. Ю. И. Долгов, Д. С. Рабунский и М. Б. Джуринский. Всесоюзный ин-т Оргэнергострой. **Скользкая опалубка.**

№ 8

№ 1076289. Д. Ф. Толорая. ВНПО Союзжелезобетон. **Способ формования изделий из бетонной смеси.**

№ 1076290. А. Ф. Тупиков, А. В. Андрейченко и А. В. Нестеров. КТБ Стройиндустрия. **Способ изготовления железобетонных изделий.**

№ 1076291. М. П. Данилов, В. Л. Эпштейн, Ю. А. Хейло и др. Днепропетровский филиал НИИСП и Днепропетровский инженерно-строительный ин-т. **Устройство для тепловой обработки изделий из бетонных смесей.**

№ 1076412. А. В. Лобастов, А. С. Макаров, Э. М. Воронова и др. ЦНИИЭПсельстрой и Ин-т коллоидной химии и химии воды. **Бетонная смесь.**

№ 1076415. Л. М. Глаголева, В. И. Соломатов и Г. А. Калнин. **Полимербетонная смесь.**

№ 1076420. И. Б. Заседателев, С. А. Шифрин, В. Е. Богуславский и др. ВНИИПИ Теплопроект и ПТБ Водстройиндустрия. **Термоактивное передвижное покрытие для защиты протяженных свежееуложенных бетонных конструкций.**

№ 1076587. А. П. Шевелев, Б. М. Липчанский, В. А. Смирнов и др. Норильский горно-металлургический комбинат. **Способ возведения подативной крепи из монолитного бетона.**

№ 9

№ 1077790. В. Н. Власов, Ж. Г. Мухин, В. И. Абраменко, А. Г. Трофимович и Б. Г. Трегубов. Ин-т горного дела. **Устройство для уплотнения бетонных смесей.**

№ 1077791. Г. Н. Попов, В. М. Дудин, Е. К. Чабуткин и др. Ярославский политехнический ин-т. **Виброплощадка для уплотнения бетонных смесей в форме.**

№ 1077792. Ю. В. Мильчаков и А. Д. Михайлов. З-д КПД-35. **Поддон формы.**

№ 1077793. А. Л. Сандал, В. Е. Останин, Г. И. Матвеев и др. Уфалейский опытно-экспериментальный з-д дорожных машин. **Стенд для изготовления предварительно напряженных железобетонных балок двутаврового сечения.**

№ 1077858. А. М. Питерский, Г. Н. Воробьева, Ю. И. Советов и др. Новочеркасский инженерно-мелиоративный ин-т. **Комплексная добавка.**

№ 1078010. Ю. И. Госин, В. С. Лахтин, А. Л. Крайцер и др. Всесоюзный ин-т Оргэнергострой. **Опалубка для бетонирования наклонных граней гидротехнических сооружений.**

№ 1078011. И. М. Фрейман. ВНИИГ им. Веденеева. **Устройство для образования полостей в бетонных и железобетонных изделиях.**

№ 1078012. Д. И. Митяев, Г. А. Квятковский, Н. К. Каралетов и В. Д. Захаров. ГПКТИ Индустройпроект. **Установка для заготовки арматурных пакетов железобетонных изделий.**

№ 1078013. А. И. Бубис, Б. В. Гутман, С. Н. Никитин и С. К. Каневский. Госхимпроект и ЦНИИпроектстальконструкция. **Несущая конструкция высотной обстройки.**

№ 1078081. А. Ю. Семений, Г. Г. Артамошина и Н. В. Соколов. Норильский горно-металлургический комбинат. **Способ возведения монолитной бетонной оболочки и опалубка для его осуществления.**

№ 1078084. П. П. Харитонин, Ю. Н. Власов и А. В. Малышин. **Устройство для нанесения набрызг-бетонных покрытий в вертикальных горных выработках.**

№ 10

№ 1079442. А. И. Батулов, В. В. Карпов и С. И. Нигматуллин. ЛИСИ. **Устройство для уплотнения бетонных смесей.**

№ 1079445. Е. И. Харитон, А. М. Белоус и А. М. Чорный. Молдавский НИИСМ. **Форма для изготовления изделий из бетонных смесей.**

№ 1079449. Ю. В. Сокольский, Н. Ф. Ефремов, В. П. Волков и Е. П. Муханов. **Разделительная перегородка формы для изготовления изделий из бетонных смесей.**

№ 1079451. А. С. Ковалюк. **Кассетная форма.**

№ 1079461. А. И. Богацкий, Б. И. Ушаков, В. М. Егоров и др. МНПО по строительному и дорожному машиностроению. **Передвижной гравитационный бетоносмеситель.**

№ 1079627. А. М. Краснов, А. Л. Оразмурадов и А. Атаев. Марийский политехнический ин-т и Ин-т химии АН ТССР. **Сырьевая смесь для приготовления ячеистого бетона.**

№ 1079631. В. Н. Колотушкин, А. А. Кривошеина, В. Н. Коток и Ю. Г. Дудеров. **Огнеупорная бетонная смесь.**

№ 1079632. А. Н. Абызов и Л. А. Кирьянова. Уральский НИИСМ. **Сырьевая смесь для изготовления жаростойкого газобетона.**

№ 1079643. С. А. Миронов, В. П. Маслов, Р. А. Лукичев и др. НИИЖБ. **Способ термообработки железобетонных изделий и монолитных конструкций.**

№ 1079792. Г. Н. Леванов и Л. С. Война. **Способ предварительного напряжения железобетонного корпуса высокого давления.**

№ 1079798. В. В. Богач. Кишиневский политехнический ин-т. **Устройство для образования в бетонных конструкциях гнезд под установочные приборы.**

№ 1079800. В. Д. Копылов и Н. А. Азимов. МИСИ. **Способ возведения монолитной бетонной конструкции.**

№ 1079801. А. О. Саакян, Р. О. Саакян, С. Х. Шахназарян и К. Г. Мовсесов. ВПЭКТИ Минпромстрой АрмССР. **Способ монтажа здания методом подъема.**

№ 1079804. В. П. Сергеев и С. В. Сергеев. Всесоюзный ин-т Оргэнергострой. **Шатер для бетонирования.**

№ 1079848. И. А. Луценко. **Машина для набрызга бетона.**

№ 11

№ 1080966. Б. В. Соловьев и Г. С. Белоусов. КБ по железобетону. **Пусто-тообразователь установки для формования изделий из бетонных смесей.**

№ 1080967. Г. И. Холодинский и В. Г. Холодинский. Белорусский научно-исследовательский и проектно-технологический ин-т организации и управления строительством. **Виброударная площадка для уплотнения бетонных смесей в форме.**

№ 1080971. В. Т. Булавин и А. Д. Прокопович. Минский филиал КТБ Стройиндустрия. **Форма для изготовления железобетонных изделий.**

№ 1080972. П. Е. Егоров, Л. Н. Радченко и П. А. Чуйко. НИИКТИ городского хозяйства. **Форма для изготовления предварительно напряженных изделий из бетонных смесей.**

№ 1080973. Р. Л. Романов, С. Б. Виленский и Т. А. Сколова. ЦНИИЭП жилища. **Форма для изготовления изделий из бетонных смесей.**

№ 1080974. В. П. Маленин и С. Г.

* См.: Открытия, изобретения, 1981.

Авторские свидетельства

Литвинов. Киевгипросельстройиндустрия. **Борт формы для изготовления изделий из бетонных смесей.**

№ 1080975. Берггер Херманн (ГДР). ФЕБ Бетонлейбхаукомбинат. **Устройство для соединения откидных бортов формы с поддоном.**

№ 1080976. В. Е. Белик. **Устройство для изготовления железобетонных изделий.**

№ 1080977. М. К. Имашев, С. Ж. Жунисов, В. Я. Ярошецкий и др. Казахский химико-технологический ин-т. **Устройство для изготовления гидропресованных изделий из бетонных смесей.**

№ 1080983. О. М. Лунин, Н. В. Зуб, Н. Ф. Коровин и А. С. Измestьев. Республиканское ПТПО Росортгестрой. **Устройство для изготовления трубчатых изделий из бетонных смесей.**

№ 1080984. В. В. Кобзев, Ю. Д. Беллов, Б. П. Деметьев и О. В. Шаронин. СКБ Главмостостроя. **Форма для изготовления полых центрифугированных изделий из бетонных смесей.**

№ 1081143. Н. Н. Долгополов, Н. И. Сытник, Г. С. Андрианова и др. ВНПО Союзжелезобетон. **Комплексная добавка для бетонной смеси.**

№ 1081144. А. П. Меркин, А. Л. Томашпольский, Р. А. Гаджилы и др. СКБ НПО Прокатдеталь и МИСИ. **Бетонная смесь.**

№ 1081145. М. Н. Щучкин, Э. Х. Аминов, В. Е. Бронювицкий и др. Узбекский Государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский ин-т мелиорации и водного хозяйства. **Способ приготовления бетонной смеси.**

№ 1081146. В. В. Патуроев, Н. Ф. Шестеркина, Ю. А. Супран и др. НИИЖБ и Ин-т физической химии АН СССР. **Кислотоупорная бетонная смесь.**

№ 1081304. А. П. Васильев, Б. Н. Волынский, В. В. Иванов и др. ЦНИИЭП торгово-бытовых зданий и туристских комплексов. **Стыковое соединение элементов сборной железобетонной колонны.**

№ 1081306. В. В. Бачинский. Трест Киеворгстрой. **Стыковое соединение элементов железобетонного каркаса здания.**

№ 1081318. А. С. Арзуманов, Г. П. Быковский, Л. Т. Иванов и А. П. Нищенко. Воронежский инженерно-строительный ин-т. **Пневматическая опалубка для возведения железобетонных сводчатых сооружений.**

№ 1081322. И. С. Иващенко, Л. П. Шкарина и И. М. Стецков. Гипростроммаш. **Устройство для натяжения арматуры.**

№ 1081323. А. В. Беляев, Л. М. Лойко и В. Г. Мартынов. СибЗНИИЭП жилища. **Установка для сборки строительных конструкций.**

№ 13

№ 1084135. А. А. Архипкин, В. Н. Кузин, С. А. Селиванова и О. В. Селезнева. НИИЖБ. **Устройство для непрерывного формования строительных изделий из жестких мелкозернистых смесей.**

№ 1084138. О. М. Лунин, Н. В. Зуб, Н. Ф. Коровин и А. С. Измestьев. Республиканское ПТПО Росортгестрой. **Устройство для изготовления объемных железобетонных изделий цилиндрической формы.**

№ 1084139. Ю. А. Родионов, А. Н. Коновалов и А. А. Бордевиль. **Многоместная форма для изготовления изделий из бетонных смесей.**

№ 1084140. Е. Б. Терехов и В. М. Скрипник. ПКТБ Узводприборавтоматика. **Кассетная установка для изготовления железобетонных изделий.**

№ 1084141. А. В. Яшин, В. И. Андреев и Б. В. Гусев. Тамбовский з-д ЖБИ № 2. **Стенд для предварительно напряженных железобетонных изделий.**

№ 1084142. А. Л. Яковенко, В. К. Сняков и В. Я. Ярошецкий. Московский гидромелиоративный ин-т. **Установка для формования трубчатых изделий из бетонных смесей.**

№ 1084143. М. Н. Собенников. Управление строительства Братского лесопромышленного комплекса. **Установка для изготовления железобетонных колец.**

№ 1084147. В. И. Грудяев и Ю. Н. Киреев. НИИСМиК. **Смеситель для приготовления ячеистобетонных смесей.**

№ 1084260. А. А. Андреев, А. С. Бейвель, В. И. Грозав, В. И. Карпинский и др. ВНИИтрансстрой. **Щит термоактивной опалубки.**

№ 14

№ 1085827. Е. А. Логвиненко, С. В. Дробошевский, В. В. Бойко и А. Ф. Савенко. Днепропетровский государственный ун-т. **Способ уплотнения бетонной смеси.**

№ 1085832. В. М. Борщевский. Камчатская группа Хабаровского комплексного конструкторско-технологического отдела ЦНИИЭП жилища. **Форма для изготовления железобетонных изделий.**

№ 1085833. И. С. Саморуков. **Форма для изготовления изделий из бетонных смесей.**

№ 1085834. А. С. Гольдин, Ю. М. Шалыгин, Ю. Д. Слитковский и П. С. Аронов. З-д ЖБИ № 3 Главмостстройматериалов. **Форма для изготовления изделий из бетонных смесей.**

№ 1085835. А. В. Беляев, А. С. Матвеев, В. Г. Мартынов и А. Ф. Маркова. СибЗНИИЭП жилища. **Многоместная форма для изготовления изделий из бетонных смесей.**

№ 1085953. Ю. С. Липатов, Ю. М.

Дорошенко, Р. А. Веселовский и Ж. И. Шанаев. Ин-т химии высокомолекулярных соединений АН УССР. **Вязущее для бетонной смеси.**

№ 1085954. Н. П. Долгополов, Н. Ф. Башлыков, А. Ф. Рудой и др. ВНПО Союзжелезобетон. **Комплексная добавка для бетонной смеси.**

№ 1085955. К. Э. Горяйнов, С. В. Петров, В. С. Козловский и др. ВЗИСИ. **Бетонная смесь.**

№ 1085956. А. А. Кальгин, А. Г. Комар, Б. В. Степанов и др. ВЗИСИ. **Легкобетонная смесь.**

№ 1086093. Ю. П. Булыгин. Челябинский ПромстройНИИпроект. **Поддон формы для изготовления предварительно напряженных железобетонных изделий.**

№ 15

№ 1087338. А. Я. Аронов, В. Н. Никулушкин, А. И. Эйбельман и Н. А. Дорошенко. ЦНИИЭП торгово-бытовых зданий и туристских комплексов. **Форма для изготовления изделий из бетонных смесей.**

№ 1087484. И. М. Грушко, Э. В. Дегтярева, Г. Н. Соболев и др. ХАДИ и Харьковский ин-т механизации и электрификации сельского хозяйства. **Комплексная добавка для бетонной смеси.**

№ 1087496. Ю. П. Трифонов, С. П. Ковалев, Ю. Д. Шахов и др. ЮжЗНИИЭПсельстрой. **Способ разогрева бетонной смеси.**

№ 1087497. И. Е. Шутляев, В. И. Савин, Л. Э. Пясецкий и др. НИИЖБ. **Полимербетонная смесь.**

№ 1087626. Б. В. Карабанов, Л. Л. Паньшин и В. И. Павленко. ЦНИИЭП торгово-бытовых зданий и туристских комплексов. **Железобетонный каркас малозэтажного здания.**

№ 1087627. В. И. Кулиш и В. М. Бояркин. Хабаровский политехнический ин-т. **Платформенный стык железобетонной колонны с ригелями.**

№ 1087628. В. М. Бояркин, В. И. Кулиш и М. А. Золотарев. Хабаровский политехнический ин-т. **Платформенный стык колонны и ригелей каркасных зданий.**

№ 1087637. Л. С. Война, В. А. Андреев, Ю. А. Мальцев и Т. Н. Леванов. **Устройство для предварительного напряжения железобетонных резервуаров.**

№ 1087638. А. О. Саакян, Р. О. Саакян, С. Х. Шахназарян и К. Г. Мовсесов. ВПЭКТИ Минпромстрой АрмССР. **Способ возведения сооружения методом подъема.**

№ 1087642. В. Я. Рудометкин и В. А. Андреев. **Железобетонный корпус высокого давления.**

№ 1087671. В. М. Старосельский, Ю. Н. Сыркин, В. Г. Голубов и В. Е. Меркин. **Установка для нанесения торкрет-бетона.**