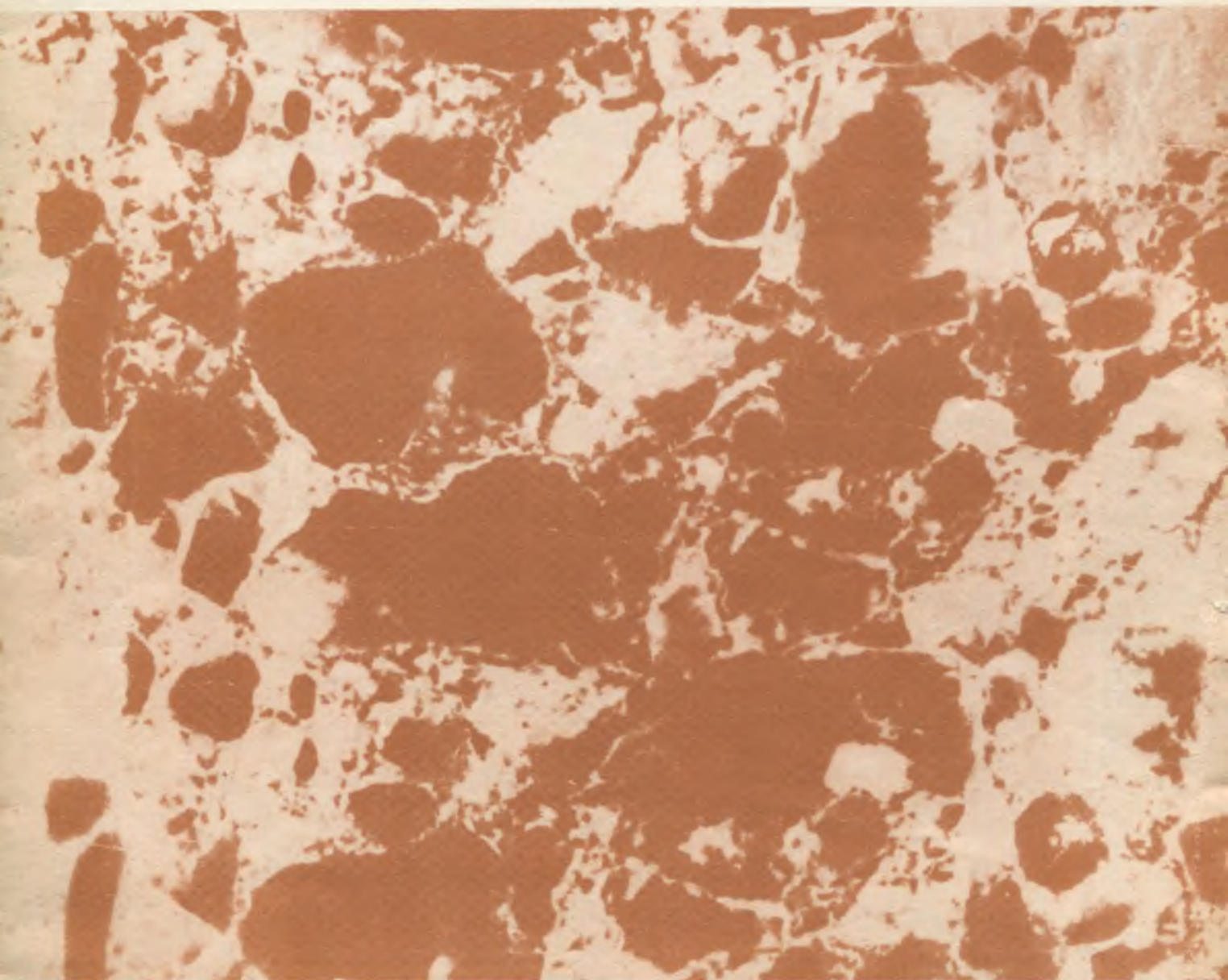


ISSN 0005-9889

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

12
1991



**Ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский, проектно-конструкторский
и технологический институт бетона и железобетона
(НИИЖБ)**

**выполнит для предприятий стройиндустрии
следующие работы**

● восстановление в неограниченном количестве любых изношенных медных электродов контактных точечных машин для сварки арматуры посредством износостойкой наплавки и изготовление биметаллических электродов. Стойкость электродов при сварке арматурной проволоки диаметром 3...6 мм повышается до 20 раз, при сварке стержней диаметром 8...40 мм — в 5...6 раз.

*Стоимость восстановления 100 штук электродов
для сварки арматурных сеток и каркасов
составляет 150...800 р.*

● передаст рекомендации по дуговой резке стержневой напрягаемой арматуры с помощью новых высокопроизводительных электродов марки ОЗР-2 с обеспечением поставки этих электродов в требуемом объеме. Электроды имеют более низкую стоимость по сравнению со сварочными, их применение способствует снижению расхода электроэнергии и массы электродов. Стоимость передачи вышеуказанных рекомендаций 0,5...0,7 тыс. р.

● изготовит и поставит высокопроизводительные устройства для сварки закладных деталей под флюсом для изделий и конструкций, применяемых в жилищном и гражданском строительстве.

*Производительность 400 сварок в 1 ч,
диаметр привариваемых анкеров 8...14 мм,
стоимость (без источника питания) 10...12 тыс. р.*

● обеспечит поставку нового сварочного флюса ФЦ-31, гарантирующего повышение качества сварного соединения и снижение на 15...20 % металлоемкости плоских элементов закладных деталей.

**УКАЗАННЫЕ РАБОТЫ МОГУТ БЫТЬ ВЫПОЛНЕНЫ
В ОГРАНИЧЕННЫЕ СРОКИ (ОТ 3 ДО 6 МЕС.).**

*Заявки направлять по адресу:
109428, Москва, 2-я Институтская ул., 6, НИИЖБ, сектор сварки.
Тел. 174-80-26, 174-85-26.*

Содержание

<i>Серых Р. Л.</i> О некоторых итогах выполнения государственной научно-технической программы Стройпрогресс-2000	2
Экономия ресурсов	
<i>Асланова Л. Г., Рогатин Ю. А., Нефедова Л. А.</i> Неметаллическая арматура — крупный резерв экономии стали в строительстве	4
Конструкции	
<i>Людковский А. М., Сутягин А. Е., Манвелов А. С.</i> Натурные испытания железобетонного мембранного покрытия	6
Бетоны	
<i>Объезцено Г. А., Шифрин Е. И.</i> Математическая модель гидратации цемента и эффективные режимы ТВО бетона	9
<i>Сахаров Г. П., Скориков Е. П., Пшеничников А. Б., Салимгареев Ф. М.</i> Учет масштабного фактора при оценке однородности прочности и плотности бетона	12
<i>Сизов В. П.</i> Прочность бетона на ВНВ	14
<i>Нанашвили И. Х.</i> Структурообразование древесно-цементных композитов на основе ВНВ	15
Заводское производство	
<i>Рожнов А. В.</i> Стендовое формовочное оборудование	18
В помощь проектировщику	
<i>Свиридов Н. В., Коваленко М. Г., Чесноков В. М.</i> Прочность и деформативность железобетонных элементов из особопрочного бетона	19
<i>Габрусенко В. В.</i> К расчету поясов решетчатых балок на поперечную силу	22
Долговечность	
<i>Шевкунов А. И., Дмитриев А. С.</i> Повышение долговечности бетона путем применения комплексных добавок	23
<i>Гончаров А. А., Аль Хамауи М.</i> Коррозия арматуры в забивных сваях морских гидротехнических сооружений	25
Содержание журнала «Бетон и железобетон» за 1991 год	28
Памяти С. Н. Алексева	31



Р. Л. СЕРЫХ, д-р техн. наук, председатель научного Совета ГНТП
Стройпрогресс-2000

О некоторых итогах выполнения государственной научно-технической программы Стройпрогресс-2000

Государственная научно-техническая программа Стройпрогресс-2000 призвана сконцентрировать усилия широкого круга научно-исследовательских, проектных и конструкторских организаций различных отраслей народного хозяйства на коренном техническом перевооружении строительства, преобразовании его материально-технической базы.

К выполнению программы привлечено более 160 предприятий и организаций строительных министерств и ведомств, министерств и ведомств машиностроения, химической и других отраслей промышленности.

Проекты программы предусматривают проведение комплекса работ от исследований до освоения промышленного производства новых материалов и конструкций, строительства зданий и сооружений на основе новых проектных решений. Прогнозируемые объемы работ по программе распределяются следующим образом: научно-исследовательские работы — 513; проектно-изыскательские работы — 177; капитальные вложения на развитие экспериментальной базы научных организаций — 391; на организацию опытно-промышленного производства — 972 млн. р; на организацию промышленного производства и строительство зданий и сооружений по новым проектным решениям — 119,8 млрд. р.

Для выполнения программы предусматривается использование финансовых средств государственного бюджета, а также средств министерств, ведомств, предприятий и организаций. Средства государственного бюджета будут направлены на финансирование научно-исследовательских и проектных работ, капитальные вложения на развитие экспериментальной базы научных организаций, освоение опытно-промышленного производства новых изделий и конструкций. Всего из государственного бюджета предполагается использовать 1,1 млрд. р., что составляет 54 % общей суммы затрат, необходимых для этих целей. Остальные 0,93 млрд. р. (46 %) будут ассигнованы министерствами, ведомствами, предприятиями и организациями. Они же будут основным источником финансирования капитальных вложений на организацию промышленного производства новых материалов, изделий и конструкций, а также строительство из них зданий и сооружений в сумме 119,8 млрд. р.

Выполнение программы предусматривает создание и освоение промышленного производства целой гаммы строительных материалов, изделий и конструкций, разработку проектной документации на новые типы зданий и сооружений, осуществление их строительства.

В составе программы проводятся исследования и разработки по созданию более 166 новых строительных материалов, изделий и конструкций, более 100 наименований оборудования для их производства, 10 видов

новых зданий и сооружений, семи видов оборудования для выполнения строительно-монтажных работ. Среди материалов изделий и конструкций новые вяжущие, суперпластификаторы и модифицирующие добавки для бетонов и растворов, синтетические пигменты-наполнители, изделия и конструкции на основе новых высокоэффективных вяжущих, новые листовые и кровельные и конструкционные материалы, керамические строительные материалы, древесно-стружечные плиты на синтетическом и минеральном связующих, полимерные пленки и наплаваемые рулонные материалы и т. п. Новые здания и сооружения — это жилые здания и объекты социальной сферы из ячеистых бетонов, производственные здания модульной компоновки, многоцелевые здания высокой сейсмической стойкости, индивидуальные сельские жилые дома, объекты культурно-зрелищного и спортивного назначения для инвалидов и др.

Освоение промышленного производства многих из разработок предполагается начать в 1991—1995 гг. Это позволит, помимо наращивания объемов строительно-монтажных работ, повысить их эффективность, так как применение новых материалов, изделий и конструкций, технологий их производства потребует меньшего расхода материальных и энергетических ресурсов и позволит изготавливать облегченные конструкции с новыми свойствами, здания из которых требуют меньших затрат на эксплуатацию.

Основные приоритеты программы имеют два уровня.

К приоритетам первого уровня относятся эффективные химические добавки для бетона; высокоэффективные вяжущие и энергосберегающие технологии получения вяжущих; пигменты-наполнители; черепица бетонная и из других композиционных материалов; керамика и изделия из нее; сухие смеси для растворов и бетона; автоклавные и неавтоклавные ячеистые бетоны; автоматизированный завод мелкоштучных изделий; утеплители, в том числе из базальтовых волокон; санитарно-техническое оборудование; трубопроводные системы; системы инженерного оборудования, в том числе котлы; очистные сооружения; быстромонтируемые здания комплектной поставки; система массового индивидуального строительства жилых домов; производство деревянных малоэтажных жилых домов нового поколения; композиционные материалы на основе гипса.

К приоритетам второй группы относятся эффективные конструкции на вяжущих новых видов; напорные и безнапорные трубы; мини-комплекс по кирпичу; магнетермальные вяжущие; использование СВЧ-энергии; полимерминеральные композиционные материалы и супернаполненные пластмассы; оборудование механической

и термической активации; пенокерамика; цементно-волоконистые безасбестовые материалы, базальтовые — фибра и арматура; поризованные керамзитовые блоки; обделка тоннелей; обогащение и транспортирование нерудных материалов; новые типы оснований фундаментов; новые материалы и конструкции на базе местного сырья и отходов; система машин для строительства; промздания нового поколения; система градостроительной политики.

Выходные технологии, имеющие готовую техническую документацию, развиваются по разным направлениям.

Первое направление «Новые материалы и изделия».

Высокоэффективные вяжущие ВНВ и ТМЦ (имеется опытно-промышленная апробация технологии).

Высокоэффективные химические добавки С-3 и Оманс (имеются опытно-промышленные технологии).

Система СВЧ по получению вермикулита.

Технология изготовления пазогребневых плит для перегородок.

Технологические линии производительностью 150 тыс. м² бетонной черепицы в год.

Опытно-промышленная линия по изготовлению пигментов-красителей (имеется технологическая документация и головной образец).

Второе направление «Конструкции и технологии».

Ячеистобетонные блоки:

а) система «Сиблок» производительностью 20 тыс. м³ в год (опытно-промышленный образец); б) технологическая и конструкторская документация на неавтоклавный завод ячеистого бетона производительностью 40 тыс. м³ в год при работе в две смены; в) система по изготовлению крупноразмерных конструкций, в том числе перекрытий по аналогии с продукцией японской фирмы «Мицава».

Объемно-блочное домостроение в Саратове. Разработаны термоформы и построено 26 усадебных домов

улучшенной планировки.

Комплект конструкторской документации на изготовление стеновых панелей с непрерывной намоткой арматуры.

Комплект конструкторской документации на завод-автомат мелкоштучных изделий для жилищного строительства.

Технологическая линия по изготовлению базальтопластиковой арматуры.

Создание опытного производства прошивных матов из ультратонкого базальтового волокна.

В целом до 1995 г. будет создано по первому направлению 54 технологии и 89 образцов материалов, по второму — соответственно 34 и 49, по третьему — 19 и 28.

Для проведения дальнейших работ необходимо создать координационные группы для отслеживания завершенных работ, их опытно-промышленного внедрения и последующего тиражирования с учетом интересов разработчика. Целесообразно определить приоритетные госзаказы в рамках экспериментального строительства для создания головных образцов новых технологических линий с соответствующим материально-техническим обеспечением. Необходимо создание условий для возвратной основы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Такую систему контроля и юридическую основу использования государственных бюджетных средств будет осуществлять Ассоциация «Стройпрогресс», созданная в рамках программы Стройпрогресс-2000.

Успешному выполнению программы Стройпрогресс-2000 будет способствовать укрепление взаимосвязи с программами Российских строительных концернов, контактов производителей и потребителей научно-технической продукции, а также тесное взаимодействие с другими заинтересованными в реализации программы региональными структурами строительного комплекса.

Наши программы помогут экономить Вам металл

НИИЖБ распространяет пакеты прикладных программ автоматизированного расчета закладных деталей, монтажных петель, анкерных болтов железобетонных конструкций и гибких стержневых связей трехслойных стеновых панелей.

Программы позволяют проектировщику любой квалификации производить на ПЭВМ типа РС ХТ/АТ (и совместимых с ними) расчеты в диалоговом режиме с выбором рационального типа рассчитываемого элемента. Применение усовершенствованного алгоритма обеспечивает экономию металла. Автоматизация расчета в десятки раз повышает производительность труда, сводит к минимуму вероятность ошибок.

*Обращаться по адресу: 109428, Москва, 2-я Институтская ул., 6,
НИИЖБ, лаборатория железобетонных конструкций и контроля качества.
Тел. 174-89-55, 171-25-33.*

УДК 691.87:693.554.003.13

Л. Г. АСЛАНОВА, Ю. А. РОГАТИН, кандидаты техн. наук, Л. А. НЕФЕДОВА, инж. (НИИЖБ)

Неметаллическая арматура — крупный резерв экономии стали в строительстве

В последнее время для армирования сборного и монолитного железобетона основных конструктивных материалов ежегодно расходуется около 13 млн. т стальной арматуры в натуральном исчислении (включая прокат на закладные детали), что составляет почти 11 % выпуска готового проката в целом по стране. Комплексной программой «Металлоемкость», утвержденной в 1987 г., предусматривается к 2000 г. снизить средний расход арматурной стали на 1 м³ железобетона всех видов как минимум на 10...11 % по сравнению с 1985 г.

Значительно уменьшить расход стали позволяют организация производства и применение неметаллической арматуры. Это композиционный материал, состоящий из пучков армированных волокон диаметром 5...20 мк и полимерного связующего, чаще всего на основе эпоксидной смолы и ее модификаций. Содержание волокна (наполнителя) составляет около 80...85 % по массе. Волокна в арматуре воспринимают растягивающие усилия, а их механические свойства определяют прочность и деформативность. Полимерное связующее выполняет роль клеящей среды, объединяющей отдельные волокна и монолитный стержень, и обеспечивает совместную работу волокон. Кроме того, связующее защищает волокно от непосредственного воздействия влаги различных химических реагентов и механических повреждений.

В зависимости от вида волокна неметаллическая арматура подразделяется на стекло-, базальто- и углепластиковую. Для ее изготовления используют соответственно стеклянные, базальтовые и углеродные волокна.

Неметаллическую арматуру в настоящее время применяют во мно-

гих странах мира, что вызвано ее преимуществами перед стальной. Она обладает высокой коррозионной стойкостью, электроизолирующей способностью, магнитной и радиопрозрачностью.

Бетонные конструкции, армированные неметаллической арматурой по сравнению с такими же конструкциями со стальной арматурой обладают большей в 1,5...2 раза долговечностью. В преднапряженных конструкциях с неметаллической арматурой уменьшаются потери преднапряжения от усадки и ползучести бетона.

Отечественная промышленность по производству неметаллической арматуры отстает от технически развитых стран мира. В частности, США, Япония, Великобритания, Германия, Финляндия, Голландия, Нидерланды являются лидерами по ее производству и исследованию. В этих странах такую арматуру применяют в различных строительных конструкциях: мостах, фундаментных балках, плитах, сваях, в конструкциях, эксплуатируемых в морской воде, и других агрессивных средах, в электроизолирующих конструкциях и др. Так, в Дюссельдорфе (Германия) впервые построено два моста с неметаллической арматурой: пешеходный и под тяжелый транспорт.

За рубежом в качестве материала для изготовления неметаллической арматуры широко используют непрерывные стеклянные, углеродные и арамидные волокна.

В отечественной практике развитие неметаллической арматуры проводится в двух направлениях: повышение коррозионной стойкости стеклопластиковой арматуры и создание новых видов неметаллической арматуры.

В нашем строительстве применяют только стеклопластиковую арматуру, изготавливаемую на основе

алюмоборосиликатного волокна. Обладая высокой прочностью, эту арматуру можно, в основном, использовать для преднапряженных конструкций вместо высокопрочной проволоки класса В_p-II. Однако стеклопластиковая арматура на основе алюмоборосиликатного волокна обладает недостаточной стойкостью к кислым средам и содержит дорогостоящую добавку в виде окиси бора. В связи с этим были синтезированы составы стекол, например на основе циркония, и получен новый вид стекловолокна. Коррозионные испытания полученных волокон и арматуры на их основе показали высокую химическую стойкость как в щелочной, так и в кислой средах.

В основном стеклопластиковую арматуру используют в производстве конструкций ванн электролиза цветных металлов, в балках и ригелях подвальных эстакад для предприятий цветной металлургии в безызоляторных траверсах линий электропередач и сваях.

В настоящее время проводятся работы по созданию арматуры из базальтовых волокон. Эти работы ведутся только в нашей стране и весьма перспективны. Есть некоторый опыт получения грубого базальтового волокна в Чехо-Словакии.

Технология получения базальтового волокна принципиально не отличается от технологии изготовления стеклянных волокон. Исключаются лишь изготовление многокомпонентной шихты, превращение ее в расплав и формирование стеклянных шариков, что позволяет намного снизить себестоимость волокна. Кроме того, запасы базальтового сырья для получения непрерывного базальтового волокна практически неограничены, а само сырье относительно дешево. Таким образом, можно ожидать, что стои-

мость базальтовой арматуры будет несколько ниже. Прочность базальтопластиковой арматуры равна 600...1100 МПа, модуль упругости 50 тыс. МПа. В отличие от стеклопластиковой базальтопластиковую арматуру можно эффективно использовать для армирования ненапрягаемых конструкций.

В нашей стране проводятся также исследования по созданию неметаллической арматуры на основе углеродных, арамидных, а также химических волокон типа полиакриловых. Имеются первые опыты получения на их основе арматуры.

В настоящее время функционирует пять основных опытных технологических линий: две для изготовления стеклопластиковой арматуры в Минске и в Усть-Каменогорске мощностью по 5 т/год каждая и три для изготовления базальтопластиковой арматуры мощностью по 10 т/год каждая. В 1991 г. заканчивается строительство промышленной технологической линии мощностью 50 т/год в Павлодаре по производству стеклопластиковой арматуры, а в 1992 г. будут выведены на проектную мощность (450...500 т/год) два цеха по изготовлению базальтопластиковой арматуры в Днепропетровске и в Бишкеке. Таким образом, к 1992 г. общий объем промышленного производства стекло- и базальтопластиковой арматуры составит 1,1 тыс. т.

Рациональные области применения неметаллической арматуры распространяются в первую очередь на конструкции из специальных бетонов, предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах, налаженного электрического поля, а также для несущих электроизолирующих изделий и конструкций. В дальнейшем области применения такой арматуры можно распространить на другие конструкции, в том числе характеризующиеся относительно невысокой экономической ответственностью (некоторые виды

свай, панели ограждений и заборов, плит для тротуаров и проездов и т. п.).

Экономический эффект на 1 т арматуры можно определять по формуле

$$\begin{aligned} \bar{E}_{н.а} = & \bar{K}_{ст.а} \left[\sum_{i=1}^{i=n} (1,026 C_{ст.а} + \right. \\ & \left. + T_1) P_{ст.а} + \sum_{v=1}^v=m C_{п.ст.а} + \right. \\ & \left. + E_{н.а} K_{ст.а} P_{ст.а} \right] - 0,13 \gamma_{н.а} \bar{K}_{н.а} \times \\ \times & [(1,026 C_{н.а} + T_2) P_{н.а} + C_{п.н.а} + \\ & + E_{н.а} K_{н.а} P_{н.а}] \varphi; \quad (1) \\ \varphi = & \delta_{ст.а} / \delta_{н.а} \leq 1,0, \quad (2) \end{aligned}$$

где $\bar{K}_{ст.а}$, $\bar{K}_{н.а}$ — коэффициенты расхода арматуры соответственно стальной и неметаллической; $C_{ст.а}$, $C_{н.а}$ — оптовая цена 1 т арматуры (стальной и неметаллической); T_1 , T_2 — транспортные расходы заводов ЖБИ для 1 т арматуры (стальной и неметаллической); $P_{ст.а}$, $P_{н.а}$ — единичная масса арматуры (стальной и неметаллической); $C_{п.ст.а}$, $C_{п.н.а}$ — стоимость заводских переделов арматуры (стальной и неметаллической); $E_{н.а}$ — нормативные удельные капитальные вложения, принимаемые равными 0,15; $K_{ст.а}$, $K_{н.а}$ — капитальные вложения в производство 1 т арматуры (стальной и неметаллической); $\gamma_{н.а}$ — удельная масса неметаллической арматуры; φ — коэффициент изменения эксплуатационных свойств неметаллической арматуры, выражающий отношение срока службы стальной арматуры $\delta_{ст.а}$ к сроку службы неметаллической арматуры $\delta_{н.а}$ в бетоне.

Для оценки экономического эффекта следует учитывать прочностные показатели стальной и неметаллической арматуры. В частности, в формуле (1) расходную массу неметаллической арматуры можно определить из уравнения

$$P_{н.а} = P_{ст.а} \frac{d_{ст.а}^2 R_{ст.а}}{d_{н.а}^2 R_{н.а}} < P_{ст.а}, \quad (3)$$

где $d_{ст.а}$, $d_{н.а}$ — диаметр арматуры соответственно стальной и неметаллической; $R_{ст.а}$, $R_{н.а}$ — расчетное сопротив-

ление соответственно стальной и неметаллической арматуры.

Расчет по прочности является необходимым, но недостаточным условием технической и экономической сопоставимости конструкций, армированных разными видами арматуры. Такой расчет может удовлетворять конструкциям, характеризующимися относительно невысокой экономической ответственностью. Для несущих конструкций, армированных неметаллической арматурой, в том числе преднапряженных, условием достаточности к расчету по прочности является деформативность, поскольку модуль упругости неметаллической арматуры в 3,8...4,2 раза ниже аналогичного показателя стальной арматуры.

Зависимость между деформациями и внешними силами ($M = \text{const}$) при изгибе определяется через кривизну ($\frac{1}{\rho}$) по общей формуле

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{B_a} = \frac{M}{B_b}, \quad (4)$$

где M — изгибающий момент от соответствующей внешней нагрузки; B_a , B_b — жесткость сечения соответственно арматуры и бетона.

На основании (4) при $M = \text{const}$ для конструкции, армированной неметаллической арматурой, следует выполнять условие

$$B_{н.а} = B_a \quad (5)$$

или

$$E_{н.а} J_{н.а} = E_a J_a; \quad (6)$$

где $B_{н.а}$ — жесткость сечения, армированного неметаллической арматурой; $E_{н.а}$, E_a — модуль упругости соответственно неметаллической и стальной арматуры; $J_{н.а}$, J_a — момент инерции соответственно неметаллической и стальной арматуры.

Из (6) будем иметь

$$d_{н.а} = d_a \sqrt[4]{\frac{E_a}{E_{н.а}}}, \quad (7)$$

где $d_{н.а}$, d_a — диаметр соответственно неметаллической и стальной арматуры.

Следовательно, для рассматриваемого случая масса неметаллической арматуры должна быть увеличена на коэффициент, учитывающий модуль ее упругости, который будет равен:

$$K_E = \sqrt[4]{\frac{E_a}{E_{н.а}}} > 1,0. \quad (8)$$

В расчетах экономической эффективности, в том числе расходной массы, его можно принять $K_E = 1,45$.

Конструкции	Расход бетона, м ³	Снижение расхода стали, кг	Сокращение затрат труда, чел. ч	Экономический эффект, р.
Сваи квадратного сечения	0,96	164,7	1,44	13,8
Сваи под оборудование ОРУ	0,33	48,1	0,44	17,7
Грузовая балка поверхностного фундамента	0,97	80,72	0,45	12,6
Фундаментный ригель	0,08	13,3	0,25	3,1
Плиты для укладки путей ОРУ	0,875	275,7	2,34	11,9
Опорная плита для кабельных каналов	0,03	2,1	0,11	1,1
Анкерная плита	0,65	43,6	0,84	14,5
Брусья для пережатки трансформаторов	0,203	16,3	0,18	6,1

Увеличение модуля упругости неметаллической арматуры является несомненным резервом снижения расхода и в железобетонных конструкциях.

В таблице приведены основные показатели, характеризующие применение неметаллической арматуры вместо стальной в конструкциях, включенных в Территориальный каталог сборных железобетонных изделий и конструкций электросетевых сооружений (М., 1987). Принято, что конструкции изготавливают и применяют в Новосибирской обл. поставляют на строительство в период с температурой наружного воздуха $+10^{\circ}\text{C}$ и выше, морозостойкость бетона принята $F 150$, водонепроницаемость W_6 . Оптовая цена 1 кг неметаллической арматуры принята 3,5 р.

Как видно из этих данных, применение неметаллической арматуры обеспечивает снижение расхода стальной до 95%. При этом до 31,8% снижаются затраты труда, связанные с заводскими переделами стальной арматуры. Суммарный экономический эффект с учетом повышения долговечности конструкций с неметаллической арматурой составляет до 17,7 р. на конструкцию, или $53,6 \text{ р/м}^3$.

Замена стальной арматуры неметаллической является важным резервом экономии стали в капитальном строительстве. Промышленное производство неметаллической арматуры позволяет создать строительные конструкции и изделия нового поколения.

Внимание специалистов!

В сентябре 1992 г. в Москве состоится VII Международный конгресс по применению полимеров в бетоне (ИКПИК-92).

Организатором конгресса является Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) Госстроя СССР.

Заявки на участие в работе конгресса просим направлять в комиссию по отбору докладов Оргкомитета ИКПИК-92 проф. В. В. Патурову по адресу:

109428, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, НИИЖБ.

Конструкции

УДК 624.073.7

А. М. ЛЮДКОВСКИЙ, канд. техн. наук, А. Е. СУТЯГИН, А. С. МАНВЕЛОВ, инженеры (НИИЖБ)

Натурные испытания железобетонного мембранного покрытия

В с. Травное Мамонтовского района Алтайского края на зернотоку колхоза «Заветы Ленина» испытали ячейки нового крытого тока. Покрытие ячейки размером $12 \times 12 \text{ м}$ с опиранием по углам было выполнено в виде висячей железобетонной монолитной оболочки. Она состояла из гладкого поля и контура. Оболочку изготавливали на земле с плоским полем толщиной 40 мм. В процессе подъема поле прогнулось под действием собственной массы вследствие упругих удлинений и податливости контурных балок в плоскости покрытия. Опытную оболочку возвел Мамонтовское объединение «Агропромстрой» по проекту, разработанному на основе предложений НИИЖБ. Пробразом конструкции явились железобетонные оболочки с внешним листовым армированием [1].

В качестве пригруза служил песок. За конструкцией осуществляли наблюдение как в процессе подъема, так и при нагружении временной нагрузкой. На рис. 1 представлена схема висячей монолитной железобетонной оболочки мембранного типа (одна бортовая балка имела высоту 600 мм). По проекту был принят бетон класса В30, фактически он оказался равным В10 ($R_b = 13 \text{ МПа}$). Поле оболочки армировано ортогональными стержнями $\varnothing 8 \dots 10 \text{ А-III}$, в проконтурную зону дополнительно устанавливали сетки из проволоки $\varnothing 3 \text{ Вр-I}$ с ячейками $100 \times 100 \text{ мм}$.

По периметру оболочки на высоту контура помещали наружную деревянную опалубку, в которую устанавливали и соединяли между собой каркасы контура, раскладывали арматуру поля и углов, после чего монтировали внутреннюю опалубку и укладывали бетон. Бетон готовили на стройплощадке в бетоносмесителе емкостью $0,25 \text{ м}^3$ и подавали на место укладки краном. В ребрах бетон вибрировали глубинным вибратором, а по-

ле — виброрейкой. Бетонирование осуществляли в два этапа — сначала ребра, а затем поле. Поскольку прочность оболочки оказалась значительно ниже проектной, приняли решение проводить испытания не на проектной отметке, а на высоте 60 см с дополнительными опорами по контуру.

Оболочку поднимали гидравлическими домкратами грузоподъемностью 100 кН, которые упирали в специально приваренные консоли. При отрыве оболочки от основания сложностей не возникало. Первые трещины появились при подъеме углов на высоту 12 см. Вдоль бортов зафиксированы трещины с шириной раскрытия 0,2 мм. При этом поле оболочки оторвалось от основания на расстоянии около 3 м от бортов. Полный отрыв поля оболочки произошел при подъеме углов на 22...25 см. Прогнозы, установленные горизонтально, по диагонали оболочки, показали, что углы оболочки сблизились примерно на 1 см.

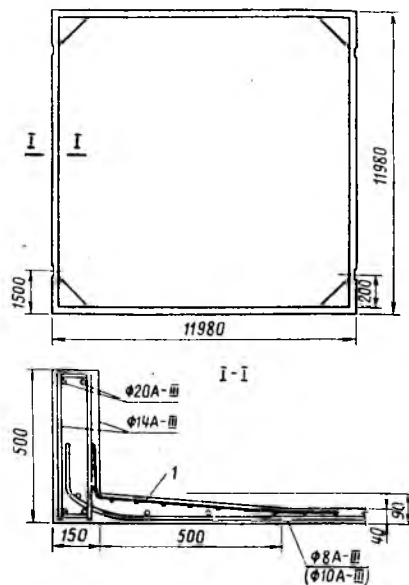


Рис. 1. Схема конструкции оболочки
I — сетка $\varnothing 3 \text{ Вр-I}$ с шагом $100 \times 100 \text{ мм}$

Эксперимент осуществляли в два этапа. На первом поднимали оболочку с земли и устанавливали ее на опоры по четырем углам. В таком положении оболочку выдерживали 3 сут. На втором конструировали испытатели на действие временной равномерно распределенной нагрузки максимальной интенсивностью $191,6 \text{ кг/м}^2$. Перед началом опытов под два контура (по осям *A* и *B*) подводили опоры в третях пролета, под контур по оси *1* — на $1/2$ пролета. Затем производили загрузку песком.

Прогибы оболочки определяли нивелиром. Горизонтальные перемещения бортов фиксировали прогибомерами и теодолитом. Собственная масса поля оболочки по проекту 96 кг/м^2 . Расчетная временная нагрузка от снега составила 140 кг/м^2 . Таким образом, суммарная нагрузка на поле оболочки — 236 кг/м^2 , а контрольную испытательную приняли равной 378 кг/м^2 . С принятым коэффициентом перегрузки 1,3 установили контрольный пригруз песком 300 кг/м^2 при общей нагрузке на покрытие 424 кг/м^2 . Фактическая масса покрытия составила 30,6 т, что соответствует приведенной нагрузке $212,4 \text{ кг/м}^2$.

На первом этапе испытаний формообразование оболочки происходило под действием собственной веса. Центр оболочки получил прогиб 23,1 см ($1/52$ пролета конструкции). (рис. 2). Прогиб опорного контура по осям *A* и *B* оказался равным 4,6 и 4,9 см ($1/261 \text{ l}$ и $1/245 \text{ l}$). По оси *1* перемещение середины опорного контура составило 2 ($1/600 \text{ l}$). и по стороне 2 — 0,95 см ($1/1263 \text{ l}$). Столь малое вертикальное перемещение контура по оси 2 (в пять раз меньше, чем по осям *A* и *B*) объясняется повышенной жесткостью в вертикальной плоскости по сравнению с остальными бортами. Максимальный прогиб контура по оси *1* более чем в два раза меньше прогибов сторон *A* и *B*.

Неодинаковые вертикальные перемещения контурных балок по ортогональным направлениям объясняются различными жесткостями поля оболочки, вследствие чего нагрузка на контур передается неодинаково. Различие жесткостей поля по ортогональным направлениям связано с различным расположением стержней арматуры по высоте сечения. При малой толщине

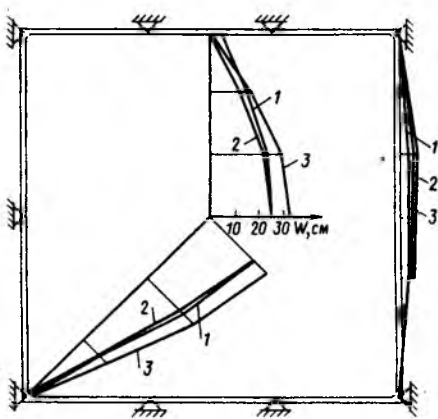


Рис. 2. Изменение формы оболочки
1 — при опирании по углам (выдерживание 3 сут под действием собственной массы); 2 — при опирании на девять опор от собственной массы; 3 — при действии дополнительной кратковременной нагрузки 95 кг/м^2

поля (40 мм по проекту) положение арматуры в сечении существенно влияет на ширину раскрытия трещин и, следовательно, на снижение жесткости. Это особенно заметно в приконтурной зоне, где изгибающие моменты, действующие по нормали к контуру, приводят к появлению и раскрытию трещин, направленных вдоль контура, что вызывает изменение кривизны оболочки в этой зоне и сказывается на общем росте прогибов.

Фактически в поле оболочки в направлении осей *A* и *B* уложили арматуру $\varnothing 8 \text{ А-III}$ с шагом 100 мм, которую размещали поверх стержней $\varnothing 10 \text{ А-III}$, уложенных с шагом 140 мм параллельно осям *1* и *2*. Эти особенности армирования и предопределили большую долю нагрузки, приходящуюся на контурные балки, расположенные по осям *A* и *B*.

После выдерживания оболочки в течение 3 сут вновь сняли отметки точек поверхности конструкции. Увеличение прогибов вызвано ползучестью бетона. Прогиб центральной точки поля возрос на 2,1 см (9%) и составил 25,2 см ($1/47,6 \text{ l}$). Прогибы контурных балок увеличились на 0...58%.

На следующем этапе испытаний под стороны *A* и *B* подвели по две опоры с шагом 4 м. Под стороной *1* установили одну дополнительную опору по середине пролета. В результате три стороны опорного контура были практически выведены к исходной форме. В то же время прогиб стороны 2 увеличился на 0,8 см (53%) и стал равен 2,3 см, что объясняется увеличением вертикаль-

ной нагрузки, передающейся на эту балку опорного контура, и продолжающимися процессами ползучести и трещинообразования. Стрела провисания поля оболочки при этом практически не изменилась.

Под действием равномерной распределенной нагрузки интенсивностью 95 кг/м^2 сторона контура по оси 2 получила дополнительный прогиб 0,6 см ($1/2000 \text{ l}$). Таким образом, суммарный прогиб середины стороны 2 составил 2,9 см ($1/413,8 \text{ l}$). Прогиб центра мембраны под действием нагрузки был равен 7,3 см ($1/164,4 \text{ l}$), и в итоге стрела провисания центра оказалась равной 31,9 см ($1/37,6 \text{ l}$).

Средняя часть поля оболочки имела близкие перемещения в симметричных точках как под действием собственной массы, так и кратковременной нагрузки. Прогибы центра поля больше, чем в четвертях полета. Этим оболочка, формируемая на плоскости, отличается от бетонированных в форме, близкой к эксплуатационной. При загрузке центра оболочки сосредоточенной нагрузкой 70 кг местный прогиб оказался равным 3 мм.

Разрушение конструкции началось после загрузки равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью $191,6 \text{ кг/м}^2$ с откола лещадок бетона с нижней поверхности поля вдоль линии, отстоящей от контура по оси 2 приблизительно на 1 м. В дальнейшем процесс выкалывания бетона усилился, разрушение развивалось в обе стороны вдоль контура (рис. 3). В образовавшейся зоне выкола бетона наблюдалось выпучивание арматуры из бетона вниз. По-видимому, в этот момент произошло разрушение верхнего слоя бетона над выколовшимися участками. Впоследствии это было обна-

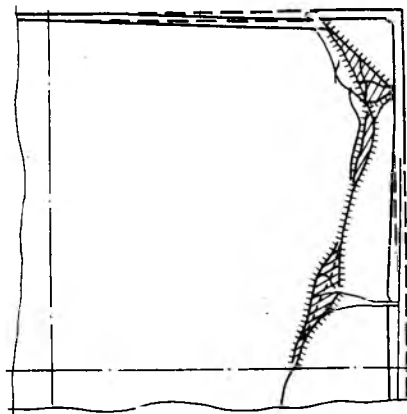


Рис. 3. Схема разрушения опытной оболочки

ружено после очистки от песка верхней поверхности поля оболочки.

Появление и развитие зоны разрушения происходило под действием растягивающих усилий, направленных перпендикулярно к контуру, сдвигающих усилий, действующих вдоль контура, а также в результате действия вертикального изгибающего момента — краевого эффекта. В дальнейшем вертикальные перемещения поля оболочки возросли без увеличения интенсивности равномерно распределенной нагрузки.

Разрушение покрытия завершилось изломом контурных балок по осям 2 и Б в середине стороны и в месте окончания углового вута. Смещение контурных элементов происходило при этом в основном в горизонтальной плоскости. Отделения опорного контура по оси 2 от поля оболочки привело к увеличению в контуре поперечных сил и изгибающего момента, действующих в горизонтальной плоскости, что в свою очередь, вызвало разрушение опорного контура. Разрушение контурной балки по оси 2 и расширение зоны разрушения поля вызвало срез контурной балки по оси Б у границы углового вута. Перед началом прогрессирующего разрушения прогиб центра оболочки составил 40...45 см. Разрушение завершилось касанием центра поля бетонного пола.

Для оценки опытных данных исследовали ячейки покрытия по программе «Гамма-2», в которой геометрически нелинейную задачу решали разбивкой нагрузки на несколько шагов. В данной программе реализовали метод стержневой аппроксимации, при котором континуальную систему заменяли системой диагональных и ортогональных шарнирно связанных друг с другом стержней. Жесткостные характеристики стержней подбирали на основании равенства деформаций континуальной и дискретной сред [2]. Опорный контур аппроксимируется жестко связанными между собой стержнями, имеющими изгибную жесткость в горизонтальном и вертикальном направлении, а также крутильную жесткость. Ввиду симметричности конструкции рассчитывали четвертую часть покрытия. Отсеченную часть заменяли граничными условиями по осям симметрии. Расчеты выполняли на равномерно распределенную нагрузку.

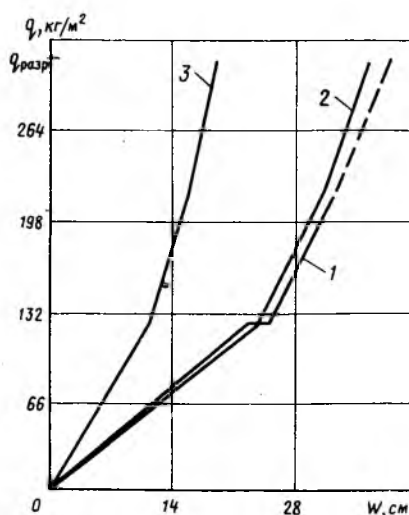


Рис. 4. Зависимость «нагрузка—прогиб» для центра поля оболочки

1 — опыт; 2 — расчет методом последовательных приближений («Гамма-2»); 3 — расчет в упругой постановке («Гамма-2»)

Ввиду того, что бетон обладает малой растяжимостью, в поле оболочки, в основном в центральной его части, подверженной двухосному растяжению, возникли трещины, существенно влияющие на деформативность покрытия. Поэтому расчет по программе «Гамма-2», не учитывающей физически нелинейный характер работы бетона, дал заниженные данные прогибов контура и поля покрытия.

Физическую нелинейность учитывали проведением последовательных расчетов конструкции, в которые вводили различную жесткость элементов в зависимости от уровня напряжений в них на предыдущем шаге. Напряжение определяли по областям конструкции (центральная часть поля, приконтурная зона, контур).

На рис. 4 приведены зависимости «нагрузка-прогиб» для опытных и расчетных значений. Из сопоставления графиков видно, что нарастание прогибов по расчету, учитывающему физическую нелинейность работы оболочки, очень близко к опытным значениям, вплоть до разрушения. Сравнение горизонтальных перемещений контура показывает некоторое отличие экспериментальных значений от расчетных. Так, например, перемещение верха контура составило 42,5 % опытного значения, в то время как перемещения низа — 104,3 %, что свидетельствует о несовпадении угла закручивания контура в опыте и расчете.

Расчет по программе «Гамма-2»

показал некоторые совпадения основных перемещений оболочки, однако, невозможно оценить усилия, полученные по результатам программы, так как для этого не хватает экспериментальных данных. Необычный характер зависимости «нагрузка-прогиб» — уменьшение приращения прогибов с ростом нагрузки — присущ всячким покрытиям и объясняется особенностями геометрической нелинейности их работы. Приращение нагрузки увеличивает прогибы и снижает распор, что уменьшает приращение прогибов.

Сопоставление основных показателей двух вариантов всячких монолитных железобетонных оболочек и сборного железобетонного покрытия показало меньшую стоимость монолитных покрытий и их более высокую трудоемкость. Эти традиционные различия монолитных и сборных конструкций подтверждают необходимость оценки целесообразности применения того или иного конструктивного решения в каждом конкретном случае. Наиболее экономически оправдано использование монолитных всячких железобетонных покрытий в регионах с неразвитой строительной индустрией или в зданиях усложненного архитектурного облика.

Приведенная сметная стоимость покрытия холодного навеса с железобетонным контуром составила 36 р/м², включая пол и колонны, причем на долю покрытия приходится 52 % стоимости всего сооружения (18,8 р/м²). Сокращение стоимости монолитного навеса по сравнению со сборным 1 024 р (7,1 р/м²), или 27,5 % при увеличении трудозатрат на строительной площадке на 174 чел.-дн (1,2 чел.-дн/м²) или 43,3 %.

Мамонтовское управление Агропромстрой пересчитало сметную стоимость покрытия навеса применительно к условиям строительства в Алтайском крае. При этом стоимость мембранного покрытия 2 978 р, а с учетом плановых накладных расходов 3 384 р (23,5 р/м²).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Людкоцкий И. Г. Опыт замены покрытия промышленных зданий без остановки производства с применением всячких оболочек. — М.: ВНИИИС, 1986. — 32 с.
2. Ржананин А. Р. Строительная механика. — М.: Высшая школа, 1982. — 400 с.

УДК 691.327:666.9.046

Г. А. ОБЪЕЩЕНКО, канд. техн. наук, Е. И. ШИФРИН, канд. физ.-мат. наук (ВНИИЖелезобетон)

Математическая модель гидратации цемента и эффективные режимы ТВО бетона

В результате экспериментов, проведенных во ВНИИЖелезобетоне на различных бетонах, установлена возможность существенного снижения температуры при ТВО без заметного влияния на кинетику твердения бетона. Его можно осуществлять на стадии твердения, характеризующейся уменьшением скорости происходящих процессов. Указанные результаты необходимо объяснить с целью определения рациональных с точки зрения энергосбережения и сокращения общего цикла изготовления изделий режимов ТВО.

В настоящее время, несмотря на большое количество работ по проблеме гидратации цемента и твердения бетона [1...8], отсутствуют математические модели процессов, объясняющие указанное свойство.

Известные модели процесса гидратации можно условно разделить на эмпирические формулы, аппроксимирующие экспериментальные данные; описания, основанные на температурно-временной аналогии, позволяющей получать значения тепловыделения при произвольном режиме на базе экспериментально определенной кривой тепловыделения в условиях нормального хранения, а также модели, базирующиеся на представлениях о механизмах процесса гидратации.

Очевидно, что модели первого типа непригодны для объяснений явлений и недостаточно точны при экстраполяции их за пределы проведенных экспериментов. Модели второго типа требуют проведения экспериментов для каждого значения $\frac{V}{V_0}$ и, кроме того, не вскрывают причины происходящих процессов. Среди работ третьего направления выделим те, которые использовали при построении предлагаемой модели.

В источнике [3] принято, что

реакция проходит топочимически, а кинетическое уравнение удовлетворяет закону действия масс. В работе [4] предполагается, что скорость реакции определяется скоростью диффузии. В источниках [5, 6] обращено внимание на наличие химической реакции и диффузии, однако, не установлены доли каждого из этих процессов на разных стадиях твердения и не прослежен переход одного процесса в другой.

Обозначим V_0 , V_0^* — начальные количества воды и цемента. Примем, что при гидратации вода может находиться в химически связанном, активном и пассивном состоянии. Под активной подразумеваются вода, способная в данный момент времени вступить в реакцию с непрореагировавшим цементом. Пассивная включает воду, находящуюся в гелеобразных оболочках и содержащуюся в порах вне цементных зерен. Обозначим V_x , V_a , V_n — количества химически связанной активной и пассивной воды, $V_x = V_x/V_0$, $V_a = V_a/V_0$, $V_n = V_n/V_0$. Пусть $\frac{V}{V_0}$ — количество цемента, прореагировавшего с водой. О степени завершенности процесса гидратации будем судить по $V = \frac{V}{V_0} \frac{V_0^*}{V_0}$.

Согласно принятой схеме пассивная вода может проникать в зону, контактирующую с непрореагировавшим цементом, и становится активной. Предполагается также, что обратный переход воды из активного состояния в пассивное невозможен.

На основании закона сохранения массы воды в закрытой системе

$$V_x + V_a + V_n = 1. \quad (1)$$

На основании закона действующих масс и соображений аналогичных [6] для скорости химической реакции

$$\dot{V}_x = A(T)V_a^n, \quad (2)$$

где \dot{V} — дифференцирование по времени;

T — абсолютная температура; n — порядок реакции; $A(T)$ — константа скорости реакции, зависящая от температуры и V/V_0 .

Зависимость константы скорости реакции от температуры в основном принимают в виде, отвечающем закону Аррениуса:

$$A(T) = A_0 e^{-\frac{AK}{T}}, \quad (3)$$

где A_0 — постоянная; $AK = E_x/R$; R — универсальная газовая постоянная; E_x — энергия активации.

Зависимость A_0 от V/V_0 определяют из того естественного условия, что при равном количестве V_a независимо от V/V_0 скорости реакции должны совпадать. Отсюда

$$A_0 = (V/V_0)^{n-1} A_0^*. \quad (4)$$

Стехиометрическое уравнение реакции гидратации

$$V = \frac{(V/V_0)V_x}{K_1}, \quad (5)$$

где K_1 — постоянная, равная весовому отношению химически связанной воды к прореагировавшему цементу.

Предположим, что в соответствии с законами массообмена влагообмен осуществляется через поверхность S , отделяющую область прореагировавшего цемента от непрореагировавшего. Обозначим φ_n , φ_a — относительные влажности непрореагировавшей и прореагировавшей частей цемента. Согласно сделанным предположениям

$$\dot{V}_n = -K_2(T)S^* \begin{cases} \geq (\varphi_n - \varphi_a) \\ \text{при } \varphi_n > \varphi_a; \end{cases} \quad (6)$$

$$\dot{V}_n = 0 \quad \text{при } \varphi_n \leq \varphi_a,$$

где S^* — площадь поверхности S ; $K_2(T)$ — коэффициент влагообмена, зависящий от температуры и V/V_0 .

Однако, поскольку диффузия зависит от температуры значительно

слабее, чем химические реакции, примем

$$K_2 T = Q_0 e^{-\frac{AS}{T}} \quad (AS < AK). \quad (7)$$

Зависимость Q_0 от V/C запишем после определения φ_n и φ_a . Относительную влажность установливают, как отношение влажности материала к влажности соответствующей состоянию насыщения. В свою очередь влажность является отношением веса воды и сухого материала. В соответствии с этим для усредненных значений φ_n и φ_a получим выражения

$$\left. \begin{aligned} \varphi_n &= 1 && \text{при } \frac{V_n}{V_x} \geq \varphi_{кр}; \\ \varphi_n &= \frac{V_n}{V_x \varphi_{кр}} && \text{при } \frac{V_n}{V_x} < \varphi_{кр}; \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

$$\varphi_a = \frac{(V/C) \frac{V_a}{1-V}}{K_3}, \quad (9)$$

где $\varphi_{кр}$, K_3 — влажность, соответствующая насыщению в областях прореагировавшего и непрореагировавшего цемента.

Зависимость Q_0 от V/C устанавливают с учетом того, что на начальной стадии гидратации при постоянном количестве цемента V_a не должно зависеть от V/C [2].

Отсюда

$$Q_0 = \frac{Q_0^*}{V/C}. \quad (10)$$

Уравнения (1...10) необходимо дополнить начальными условиями. Примем предположения, что в начальный момент времени вся вода является пассивной и нет прореагировавшего цемента.

Следовательно

$$\left. \begin{aligned} V_x(0) &= 0; \\ V_a(0) &= 0; \\ V_n(0) &= 1; \\ V(0) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Выражения (1...11) содержат несколько констант, подбор которых для конкретного цемента вызывает значительные затруднения. Постоянные A_0^* , E_x , n являются параметрами химической реакции и характеризуют активность цемента. Имеются данные по установлению энергии активизации E_x [2]. Оценки E_x , полученные разными авторами, существенно отличаются друг от друга. Вероятно наиболее надежны результаты, ограничивающие E_x в пределах $33,5 \text{ кДж/моль} \leq E_x \leq 50,2 \text{ кДж/моль}$, что приблизительно соответствует области изменения $4000 \leq AK \leq 6000$.

Цемент состоит из различных

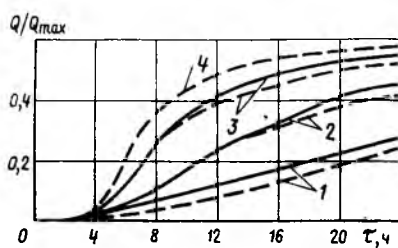


Рис. 1. Кривые тепловыделения для температурных режимов с изотермическим выдерживанием при $C/V=1,2$

1 — 20; 2 — 40; 3 — 60; 4 — 80 °С; — — — экспериментальные кривые; — — — расчетные

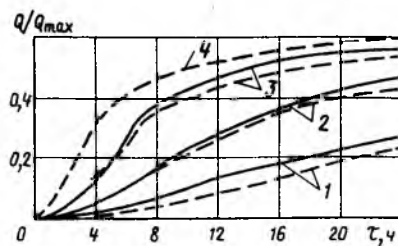


Рис. 2. Кривые тепловыделения для изотермических режимов с мгновенным подъемом температуры при $C/V=1,2$

Условные обозначения см. рис. 1

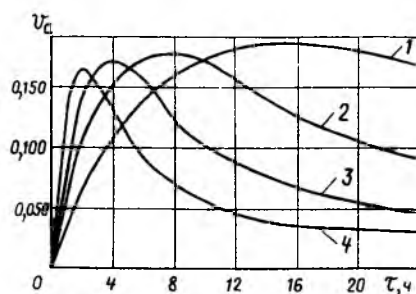


Рис. 3. Количество активной воды для $C/V=1,2$ для изотермических режимов с мгновенным подъемом температуры 1...4 см. рис. 1

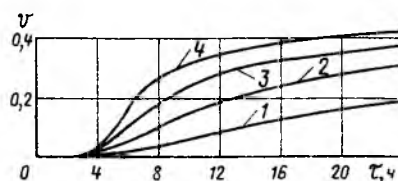


Рис. 4. Расчетные кривые для температурных режимов с изотермическим выдерживанием при $C/V=2,5$

1...4 см. рис. 1

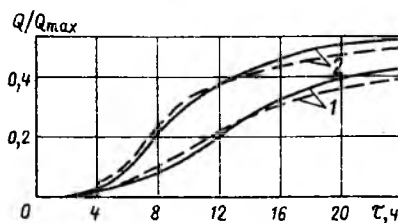


Рис. 5. Кривые тепловыделения для режимов при охлаждении с 40 (1) и 60 °С (2) при $C/V=1,2$

Условные обозначения см. рис. 1

минералов, каждый из которых имеет свое уравнение взаимодействия с водой. В некоторых работах усредненная характеристика $K_1 \approx 0,25$. В источнике [7] приведены соображения и экспериментальные результаты, согласно которым $K_1 \approx 0,4$.

Величины Q_0^* , AS , S^* описывают влагообменные процессы. В ходе гидратации и вследствие слипания зерен цемента (образования комплексов) и углубления процесса поверхность S изменяется. Вместе с тем известно, что на ранней и средней стадиях гидратации площадь поверхности гидратов изменяется незначительно. Учитывая некоторую условность поверхности S и то, что не рассматривают поздние стадии гидратации, в первом приближении примем $S^* \approx const$.

Из равенства (5) можно предположить, что $K_3 \leq K_1$. Согласно данным источника [8], содержание воды в геле в состоянии насыщения составляет 0,25 массы прогидратированного цемента. Отсюда и из зависимости (5) следует, что $\varphi_{кр} \geq 0,25/K_1$. $\varphi_{кр}$ может существенно превышать $0,25/K_1$, поскольку V_n/V_x , входящее в определение φ_n , учитывает всю пассивную воду, в том числе не содержащуюся в геле.

На рис. 1 представлены кривые тепловыделения Воскресенского цемента, отвечающие режимам с изотермическим выдерживанием (2 ч выдерживание при 20 °С и подъем температуры со скоростью 20 °С/ч) при 20, 40, 60 °С. На рис. 2 приведены кривые тепловыделения для изотермического выдерживания с мгновенным достижением температур 20, 40, 60 °С.

На основании этих экспериментальных данных подобрали параметры модели: $K_1=0,32$; $K_3=0,2$; $\varphi_{кр}=9$; $AK=4000$; $\ln A_0^*=12,023$; $AS=3000$; $Q_0^*S^*=0,029 \times \exp(10,237)$; $n=2$. Из рис. 1, 2 видно, что расчетные кривые удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.

Предлагаемая модель учитывает некоторые известные свойства гидратации. Например, модель объясняет немонокотное изменение скорости процесса в условиях изотермических режимов с мгновенным подъемом температуры. На рис. 3 изображены кривые изменения количества активной воды для таких режимов. Из рис. 3 следует, что скорость процесса возрастает, достигает максимума, а

затем начинает снижаться. Согласно формуле (2) при $T = const$ скорость определяется количеством активной воды. На начальной стадии гидратации скорость химической реакции мала из-за малого количества активной воды, а скорость диффузии велика вследствие отсутствия гелеобразных оболочек, препятствующих проникновению воды. Таким образом, скорость гидратации на ранней стадии ограничивается скоростью химической реакции. Она возрастает с увеличением количества активной воды. Скорость диффузии снижается из-за увеличения количества химически связанной воды, образующей гелеобразные оболочки, и уменьшения количества пассивной воды. Равенство этих скоростей происходит при достижении процессом гидратации максимальной скорости. Затем скорость реакции превышает скорость диффузии и количество активной воды убывает. При этом скорость гидратации ограничивается медленной диффузией, вследствие чего ощущается недостаток активной воды.

Для иллюстрации зависимости хода процесса от В/Ц на рис. 4 представлены расчетные кривые, отвечающие тем же температурным режимам, что и кривые рис. 1 при $Ц/В = 2,5$. Из рис. 1, 4 видно, что в предложенной модели гидратация некоторое время не зависит от В/Ц. Когда гидратацию сдерживают диффузионные процессы, она протекает тем интенсивнее, чем больше В/Ц. Это согласуется с современными представлениями о зависимости гидратации от В/Ц [2].

Были проведены также расчеты для температурных режимов со снижением температуры после некоторого периода прогрева. Можно предположить, что уменьшение температуры в области, где скорость реакции ограничивается малым количеством активной воды, обусловленным слабой диффузией, мало влияет на кинетику гидратации. Момент, после которого целесообразно проводить охлаждение, определяется временем замедления снижения количества пассивной воды, т. е. приостановлением диффузии. Для режимов с изотермическим выдерживанием он наступает, согласно расчетам, для 80°C спустя 6,5...7 ч, 60°C — 8...9 ч, 40°C — 12...13 ч, 20°C — 23...24 ч. Здесь всюду указано время с момента затворения водой, и результаты приведены для $Ц/В = 1,2$.

В качестве примера на рис. 5 приведены экспериментальные и соответствующие им расчетные кривые, отвечающие температурным режимам с изотермическим выдерживанием и охлаждением. Снижение температуры с 40°C осуществлялось с 13 ч с момента затворения водой со средней скоростью $1,2^\circ\text{C}/\text{ч}$, снижением температуры с 60°C происходило с 9 ч с момента затворения водой со средней скоростью $2,1^\circ\text{C}/\text{ч}$. Рис. 5 подтверждает удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных результатов. Сравнение рис. 1 и 5 показывает незначительное влияние охлаждения после некоторого периода прогрева на кинетику гидратации.

Таким образом, предлагаемая модель позволяет удовлетворительно описать экспериментальные результаты, учитывает влияние В/Ц и температурного фактора, а также дает возможность расчетным путем найти энергосберегающие режимы ТВО, не изменяющие кинетику процесса.

Поскольку при твердении бетона проходят еще структурообразующие и деструктивные процессы, на которые отрицательно влияет повышенная температура, можно предположить, что в указанный период кинетика твердения меняется от снижения температуры еще меньше, чем кинетика гидратации.

Вследствие этого возможно применение энергосберегающих режимов ТВО бетона и увеличение оборачиваемости тепловых установок и форм благодаря более раннему извлечению из камер и распалубки изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Полак А. Ф. Твердение моноинеральных вяжущих веществ (Вопросы теории). — М.: Стройиздат, 1966. — 208 с.
2. Кондо Р., Уэда Ш. Кинетика и механизм гидратации цемента // V Международный конгресс по химии цемента (Токио, 1968 г.). — М.: Стройиздат, 1973. — С. 185—206.
3. Запорожец И. Д., Окорков С. Д., Парийский А. А. Тепловыделение бетона. — М.: Стройиздат, 1966. — 314 с.
4. Вишневецкий Г. Д. Введение в техническую теорию деформаций набухания и усадки бетона // Строительная механика и строительные конструкции. — Л.: ЛИСИ, 1957. — Вып. 26. — С. 181—214.
5. Брунауер С., Гринберг С. А. Гидратация трехкальцевого и β -двухкальцевого силиката при комнатной температуре // IV Международный конгресс по химии цемента. — М.: Стройиздат, 1964. — С. 123—158.
6. Тимашев В. В. Синтез и гидратация вяжущих материалов // Влияние физической структуры цементного камня на его прочность. — М.: Наука, 1986. — С. 370—377.
7. Марков А. И., Михайлов Н. Д. О соотношении между водой и цементом в гидратных новообразованиях, полученных при температурах твердения до 100°C // Коллоидный журнал. — 1967. — Т. 29. — № 3. — С. 370—376.
8. Цимераманис Л.-Х. Б. Термодинамика влажностного состояния и твердения строительных материалов. — Рига: Зинатне, 1985. — 247 с.

НИИЖБ совместно с трестом Оргтехстрой-11 концерна Атомспецстрой предлагает

апробированные на практике цементные бетоны, растворы и тампонажные составы для

- сооружения могильников и хранилищ токсичных отходов, в том числе высокоактивных радиоактивных отходов
- непроницаемых укрытий
- локализации распространения токсичных веществ в геологических формациях путем создания в них непроницаемых долговечных барьеров или иммобилизации отходов
- изготовления контейнеров

Предлагаемые цементные композиции эффективны при возведении и ремонте всех типов строительных конструкций, работающих в условиях воздействия избыточного давления воды и газов. При этом гарантируется долговечность, а также полная непроницаемость конструкций без устройства изоляционных слоев или вторичных средств защиты при давлении до 1,2 МПа и выше.

Наша адреса: 109428, Москва, 2-я Институтская ул., 6,
НИИЖБ, лаборатория № 14, тел. 174-89-70.
113916, Москва, Дашилковский вал, д. 10/12,
Оргтехстрой-11, тел. 237-64-02.

Г. П. САХАРОВ, д-р техн. наук, проф., Е. П. СКОРИКОВ,
А. Б. ПШЕНИЧНИКОВ, инженеры (МИСИ); Ф. М. САЛИМГАРЕЕВ, инж.
(завод ячеистых бетонов, Набережные Челны)

Учет масштабного фактора при оценке однородности прочности и плотности бетона

При оценке свойств бетона в образцах разного размера масштабный фактор учитывают только при определении прочности на сжатие и растяжение (для тяжелого и мелкозернистого бетона). Остальные его свойства (плотность и однородность) считают независимыми от размера и объема образцов. Справедливость такого допущения для разных видов бетона экспериментально не подтверждена. В заводской практике прочность, плотность и однородность всех видов бетона контролируют преимущественно на образцах-кубах с ребром 10 см. При этом корректируют прочность бетона, а плотность и однородность механически переносят на образцы базового размера (куб с ребром 15 см). Для выявления масштабного эффекта плотности и однородности бетона на заводе ячеистых бетонов г. Набережные Челны изготовили образцы-кубы с ребрами 7, 10, 15 и 20 см из тяжелого, легкого и ячеистого бетонов. Образцы формовали из смесей заводского состава, используемых при изготовлении стеновых панелей и мелких стеновых блоков из автоклавного ячеистого бетона средней плотности 700 и 500 кг/м³, запариваемых в автоклавах по режиму 5 (4)+10+4 ч при давлении 1 МПа; межкомнатных перегородок из мелкозернистого тяжелого бетона и цокольных стеновых панелей из керамзитобетона, пропариваемых по режиму 3+10+3 (2) ч при атмосферном давлении. Для всех видов бетона на заводе используют портландцемент марки 400 Катав-Ивановского цементного завода. Соотношение компонентов в составах бетона по массе — ячеистого — 1:1, 6:0, 05:1, 56:0, 0013 и 1:1, 67:0, 11:2:0, 0017 (цемент : песок : молотый : известь : активностью 50 % : вода : алюминиевая пудра) для средней плотности 700 и 500 кг/м³; тяжелого — 1 : 5,44 : 0,62 (цемент : песок : вода), керамзитобетона — 1:1, 93:1, 61:0,64 (цемент:песок с $M_k=1,77$:керамзит фракции 5...10 мм:вода). Из каждой партии бетона на посту формирования еже-

дневно в течение месяца отбирали две пробы бетонной смеси, из которых формовали четыре серии образцов каждого размера по 2...3 в каждой. Для оценки прочности тяжелого и легкого бетонов на сжатие в проектном возрасте дополнительно изготовили по две серии образцов в неделю.

Контрольные серии образцов ячеистого бетона для мелких стеновых блоков выпиливали из блоков после автоклавной обработки. Всего изготовили 768 серий образцов. Образцы испытывали в соответствии с ГОСТ 10180—78 и 12730.0 [1, 2], а результаты обрабатывали согласно ГОСТ 10180—78, 18105—86 и 27005—86 и рекомендациям НИИЖБа [1] в МИСИ по специальной программе ЭВМ ЕС-1033. Из табл. 1 следует, что коэффициенты вариации прочности бетона на сжатие и растяжение независимо от вида и возраста бетона с увеличением объема размеров образцов уменьшаются на 1,5...2,3 %. В связи с этим средняя фактическая прочность, требуемая и средний уровень прочности бетона разных видов в образцах с ребром 7 и 10 см (особенно формованных) оказался выше, а в образцах с ребром 20 см — ниже на 5...15 % на сжатие и 5...23 % на растяжение, чем требуется для заданного класса бетона, контролируемых на образцах с ребром 15 см. Средняя плотность бетона с увеличением объема и размеров образцов (особенно при переходе от кубов с ребром 10 к кубам с ребром 15 см и формованных) уменьшается. Коэффициенты вариации плотности ячеистого бетона возрастают, а тяжелого и легкого бетонов — уменьшаются, однако вследствие своей малости незначительно влияют на требуемую плотность и средний уровень плотности бетона. Масштабные коэффициенты прочности и плотности образцов бетона, определенные по ГОСТ 10180—78 (приложение 2) для 60 пар соответствующих значений, несколько отличаются от нормативных, а для прочности на растяжение ячеистого и легкого бетона и

плотности получены впервые.

Различие прочности бетона в образцах разного размера обычно объясняют неодинаковой степенью уплотнения бетона, условиями испытания образцов, а также дефектами структуры. Утверждается, что при одинаковой степени уплотнения бетона масштабный эффект прочности не наблюдается [2...4]. Это относится к тяжелому и мелкозернистому бетону и противоречит данным при стандартных испытаниях [2]. По нашему мнению, средняя прочность, плотность однородность бетона, учитывая случайную природу элементов и дефектов структуры, нестабильное качество сырья и колебание технологических параметров, а также разное напряженно-деформированное состояние при испытании зависят от объема и размера образцов, вида бетона и условий испытания образцов. Даже при сравнительно одинаковой средней прочности и плотности выпиленных разноразмерных образцов ячеистого бетона (см. табл. 1) однородность его по этим показателям различна [2].

Причинами разной прочности, плотности и однородности разноразмерных образцов бетона являются неоднородность структуры, различная плотность, прочность и дефектность внутренних локализованных объемов и поверхностных слоев бетона и разное напряженно-деформированное состояние образцов при испытании с псевдопластическим и хрупким характером их разрушения.

Более объективное представление о прочности бетона на сжатие дает испытание кубов на прессе с уменьшением трения по контактирующим поверхностям. При этом создается одинаковое напряженно-деформированное состояние образцов, снижаются прочность и различие между ними. Проведенные испытания разноразмерных образцов из тяжелого и ячеистого бетонов с графитовой смазкой подтверждают это обстоятельство.

Для приведения коэффициентов вариации прочности и плотности

Бетон	Класс и марка бетона	Размер кубов, см	Отпускная прочность, МПа				$V_{R,отв}$ %	R_K	R_T	V_R	K_B	Средняя плотность бетона, кг/м ³				V_p %	α	γ	ξ									
			R_K	R_T	R_y	$R_{пл}$						ρ_k	ρ_T	ρ_v	$\rho^{н.г}$													
Ячеистый бетон	В 2,5 Д 700	10	4,61 ¹	3,28 ¹	3,78 ¹	4,13 ¹	14,56	4,61 ²	3,28 ²	14,56 ²	— ³	681	728	713	707	1,15	0,95 ⁴	— ⁴	0,96 ⁴									
			0,74	0,40	0,45	0,49	14,00										4,12	2,93		12,36	—	655	728	713	707	1,41	0,90	0,83
			4,12	2,93	3,28	3,54	12,36																				1,00	1,00
		15	0,60	0,39	0,44	0,48	12,55	3,49	2,86	10,12	—	649	721	699	685	3,07	1,00	1,00	1,01									
			3,49	2,86	3,11	3,31	10,12										1,05	—										
			0,47	0,35	0,37	0,39	7,29										1,20	1,27										
	В 1 Д 500	10	1,76	1,61	1,80	2,00	17,19	1,76	1,61	17,19	—	477	505	490	476	4,35	0,95	—	1,00									
			0,28	0,21	0,24	0,27	17,04										1,73	1,47		15,66	—	475	505	490	476	4,32	1,00	—
			1,73	1,47	1,69	1,86	15,66																				1,00	—
		15	0,29	0,19	0,22	0,24	14,88	1,67	1,35	13,91	—	471	500	475	459	5,13	1,00	1,00	1,01									
			1,67	1,35	1,51	1,64	13,91										1,05	—										
			0,24	0,18	0,20	0,22	13,07										1,11	—		0,93	1,24							
Тяжелый бетон	В 10	7	11,62	8,35	8,94	9,47	9,33	16,42	12,00	8,79	1,25	2258	—	—	—	3,93	0,85	0,78	0,97									
			1,56	0,56	0,60	0,63	8,81				15,50						11,62	6,65		1,29	2262	—	—	—	3,03	0,89	0,88	
			11,01	8,14	8,54	8,94	7,33													1,25						0,95	0,88	
	10	1,44	0,65	0,59	0,62	8,15	14,46	11,47	5,49	1,28	2186	—	—	—	1,39	0,94	0,97	0,97										
		10,24	8,03	8,27	8,58	5,84				1,25						1,00	1,00											
		1,37	0,53	0,54	0,56	4,53				1,22						1,00	1,00											
Керамзитобетон	В 10 Д 1400	10	17,02	12,73	14,00	15,20	13,39	20,88	15,91	13,52	1,45	1501	1372	1317	1280	4,40	0,95	—	0,95									
			1,02	0,91	1,05	1,16	16,54				17,20						14,68	11,23		1,17	1421	1400	1358	1331	3,04	0,83	0,94	
			14,02	11,75	12,80	13,76	11,65													1,45						1,00	—	
	15	0,94	0,88	1,01	1,11	15,06	13,93	13,61	9,75	1,07	1387	1414	1371	1348	2,61	1,00	1,00	1,00										
		11,36	11,26	12,27	13,06	10,04				1,45						1,05	—											
		—	—	—	—	—				0,96						1,25	0,94											

Примечания: 1. Над чертой — прочность бетона на сжатие, под чертой — на растяжение. 2. Прочность и коэффициент вариации прочности бетона в проектном возрасте. 3. Коэффициент превышения фактической прочности бетона на сжатие над требуемой; над чертой — табличное значение, под чертой — фактическое. 4. α , γ , ξ — масштабные коэффициенты прочности бетона на сжатие, растяжение раскалыванием и плотности; над чертой — значения по ГОСТ 10180—78 (с изменениями), под чертой — фактические).

бетона, определенных на образцах небазового размера, к коэффициентам вариации прочности бетона в эталонных образцах, используют поправочные коэффициенты α_v , γ_v , ξ_v для корректирования коэффициентов вариации прочности бетона на сжатие, растяжение и плотности (табл. 2). Учет масштабного эффекта однородности прочности и плотности позволяет улучшить свойства бетона и получить значительный экономический эффект, так как при редуцировании указанных свойств бетона в образцах меньших базового размера снижаются требуемая проч-

ность и средний уровень прочности бетона, на который подбирают его состав по ГОСТ 27006—86. Расчеты показали, что при годовом выпуске стеновых панелей 42, мелких стеновых блоков 30, межкомнатных перегородок 9,1, цокольных стеновых панелей 7,4 тыс. м³ учет масштабного эффекта однородности бетона может сэкономить 2178 т цемента, 126 т извести, 96 кг алюминиевой пудры и дать экономический эффект в сумме 51,65 тыс. р. Результаты проведенных исследований позволяют вскрыть дополнительные резервы экономии дефе-

цитных материалов, улучшить свойства бетона и изделий и получить большой народнохозяйственный эффект без дополнительных капитальных затрат.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рекомендации по статистическим методам контроля и оценки прочности бетона с учетом его однородности по ГОСТ 18105—86 / «Оргэнергострой» Минэнерго СССР.— М.: Стройиздат, 1989.— 63 с.
2. Коган Е. А., Шаббаева Н. Е., Филипова Н. И. Влияние масштабного фактора на прочность бетона при раскалывании // Бетон и железобетон.— 1982.— № 6.— С. 12—13.
3. Исследование причин возникновения масштабного эффекта при испытании бетонных образцов (кубов) на сжатие / И. С. Кроль, А. М. Добровольский, А. И. Марков и др. // Тр. ВНИИФТРИ.— 1971.— Вып. 8 (38) — С. 206—255.
4. Бруссер М. И., Белоусов О. В. О масштабных коэффициентах при определении прочности тяжелого бетона // Бетон и железобетон.— 1987.— № 2.— С. 15.

Таблица 2

Размер кубов, см	α_v			γ_v			ξ_v		
	ячеистый	тяжелый	керамзитобетон	ячеистый	тяжелый	керамзитобетон	ячеистый	тяжелый	керамзитобетон
7	—	0,63	—	—	0,51	—	—	0,35	—
10	0,85	0,80	0,87	0,90	0,56	0,91	1,23	0,46	0,69
	0,91			0,87			0,99		
15	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1,00			1,00			0,46		
20	1,22	—	1,16	1,72	—	—	0,84	—	1,16
	1,13			1,14					

Примечание. Над чертой для формованных образцов; под чертой — для выпиленных

Прочность бетона на ВНВ

В настоящее время разработаны новые вяжущие низкой водопотребности — ВНВ-100; ВНВ-50 и ВНВ-30. ВНВ-100 получается при домоле цемента с С-3, а ВНВ-50 и ВНВ-30 путем домола цемента совместно с С-3 и наполнителями. Цифры показывают процентное содержание портландцемента в его составе. Домалывание цемента с С-3 или с наполнителем и С-3 производят в зависимости от требуемой марки цемента, до удельной поверхности 4000...6000 см²/г. С-3 вводят в зависимости от удельной поверхности вяжущего в количестве 2...3 % массы цемента и его минералогического состава.

Для изучения свойств ВНВ и выявления его эффективности приготовили ВНВ-100 благодаря домолу цемента с С-3, а также ВНВ-50 и ВНВ-30 вследствие домола цемента с С-3, и с электро-термофосфатным шлаком (ЭТШ) активностью 10 МПа и песком. Результаты

испытаний образцов приведены в табл. 1, 2.

Как следует из табл. 1, прочность бетона в 28-суточном возрасте на ВНВ-100, ВНВ-50 и ВНВ-30 оказалась равной 80, 62, 50, тогда как на исходном цементе без введения с введением С-3 — 37 и 54 МПа. Расход воды на ВНВ снизился на 55...60 л/м³ бетона, а прочность бетона повысилась на ВНВ-100 и ВНВ-50 в два раза, на ВНВ-30 — в полтора раза.

Прочность бетона при введении песка (вместо ЭТШ) оказалась несколько ниже, чем при добавке ЭТШ. Однако на ВНВ-50 и ВНВ-30 с песком получены весьма хорошие прочностные показатели (при расходе цемента 195 и 117 кг/м³ бетона). Более высокие показатели при введении шлака объясняется тем, что ЭТШ обладал активностью 10 МПа.

Песок благодаря абразивным свойствам ускоряет процесс дома-

лывания цемента и обеспечивает более тонкое его измельчение. Прочность ВНВ-50 и ВНВ-30 при введении 50 и 70 % песка получается ниже, чем на ВНВ-100 практически также на 50 и 70 %. В нашем опыте (табл. 3) она снизилась на 34 и 60 %. Это объясняется тем, что ВНВ-50 и ВНВ-30 имели более тонкий помол (5500 и 5800), тогда как ВНВ-100 — 4000 см²/г.

Высокая активность ВНВ обусловлена домалыванием цемента (и активных шлаков) и введением С-3. Домол цемента (активный шлак) повышает марку исходного цемента на 2...4 ступени, а введение С-3 позволяет на 55...60 л уменьшить расход воды и снизить В/Ц. Процент уменьшения прочности при введении активного шлака меньше процента введенного шлака. Например, при добавке 50 и 70 % прочность бетона снижается на 21,3 и 37,5 % (см. табл. 1).

С-3 при производстве ВНВ вводят при помоле в сухом виде. Однако получение сухого порошка С-3 затруднено. Раствор С-3 приходится на заводах выпаривать, а эта операция весьма трудоемка. Поэтому провели дополнительные эксперименты с целью исключения процесса получения сухого С-3. Для этого бетон затворяли на ВНВ-50 и ВНВ-30 совместного помола и раздельного помола цемента и шлака. но с введением С-3 вместе с водой затвердения (см. табл. 3).

Из табл. 3 видно, что прочность бетона на вяжущем при раздельном помоле цемента и ЭТШ и при введении С-3 при приготовления бетона с водой затвердения получилась примерно такая же, как и на ВНВ совместного помола цемента, ЭТШ и С-3. Таким образом, эти исследования подтвердили возможность введения С-3 вместе с водой затвердения при приготовлении бетона. Поэтому трудности с получением сухого порошка С-3 можно избежать.

Новая технология позволяет получать вяжущее высоких марок (ВНВ-100—900), средних (ВНВ-50—

Таблица 1

Вяжущее	Добавка, % массы цемента	Удельная поверхность, см ² /г	Расход, кг		О.К., см	В, л	В/В	В/Ц	Прочность бетона, МПа, в возрасте, сут			Снижение прочности на ВНВ-50 и ВНВ-30, %	
			це-мента	шлака					3	7	28		
Исходный ПЦ марки 400	—	2000	403	—	5,0	195	8	0,49	18,2	28,0	37	—	
»	0,7 %	С-3	2000	408	—	3,0	158	—	0,40	—	41,8	54	—
ВНВ-100	2,5 %	С-3	4000	403	—	5,0	135	0,334	0,33	57,2	64,0	80	0,0
ВНВ-50	2,5 %	С-3	4000	202	201	1,5	135	0,334	0,67	33,7	52,0	62	23,0
ВНВ-30	2,5 %	С-3	4000	122	282	2,0	140	0,358	1,17	28,9	35,0	50	37,5

Таблица 2

Вяжущее	Расход материалов на 1 м ³ бетона, кг					В/В	В/Ц	Удельная поверхность, см ² /г	О.К., см	Прочность бетона, МПа, в возрасте, сут			Снижение прочности на ВНВ-50 и ВНВ-30, %
	Ц	моло-тый песок	ПЦ	Щ	В					1	7	28	
Исходный ПЦ марки 400	390	—	600	1200	195	—	0,49	2000	3,5	14,5	38,7	42	—
ВНВ-100	390	—	670	1200	135	0,35	0,35	4000	2,0	57,0	64,0	76	0
ВНВ-50	195	195	670	1200	140	0,36	0,72	5500	6,0	17,0	43,5	50	34
ВНВ-30	117	273	670	1200	140	0,36	1,19	5800	3,0	9,2	22,9	30	60

Примечание. 1. ВНВ-100, ВНВ-50 и ВНВ-30 имеют в своем составе 2,5 % С-3

Таблица 3

Вяжущее	Удельная поверхность, см ² /г	Способ введения С-3, % массы цемента		Расход материалов на 1 м ³ бетона, кг				Прочность бетона, МПа, в возрасте, сут	
		при помоле	при затворении	Ц	Щ	ВНВ	В	7	28
Исходный ПЦ марки 400	2000	—	—	400	—	—	172	30	38,6
ВНВ-50	4000	3	—	—	—	400	130	50	68 ²
	5000	—	3	200	200	—	128	52	70
ВНВ-30	4900	3	—	—	—	400	125	39	52
	4400	—	3	120	280	—	128	38	50

Примечания: 1. Над чертой — совместный помол, под чертой — раздельный. 2. Прочность бетона при раздельном помоле и введении С-3 при затворении бетона получилась немного выше, чем на ВНВ-50 вследствие более тонкого измельчения цемента.

400...500) и низких (ВНВ-30—200...300). Однако главным препятствием является отсутствие высокопроизводительных и совершенных помольных установок. Получать новые вяжущие на цементных заводах и комбинатах на существующих мельницах трудно, но возможно. При этом резко повы-

шается износ мельниц, снижаются их производительность и производство цемента, возникают большие энергетические затраты.

В связи с отсутствием высокопроизводительных помольных установок ВНВ-100, ВНВ-50 и ВНВ-30 в некоторых случаях можно получать непосредственно на заводах

УДК 691.51/55

И. Х. НАНАЗАШВИЛИ, канд. техн. наук (Стройиздат)

Структурообразование древесно-цементных композитов на основе ВНВ

В нашей стране ежегодно образуется более 110 млн м³ отходов лесопильного и деревообрабатывающего производства и 36 млн м³ отходов лесозаготовок. Существенная их часть пока не используется. Значительные сырьевые ресурсы для изготовления древесно-цементных композитов (ДЦК) образуются и в сельскохозяйственном производстве, где объем неиспользуемых отходов ежегодно составляет: кобстры льна и конопля около 0,9; стеблей хлопчатника 2...2,5; рисовой соломы 1 млн т.

Если учесть, что производство нетоксичных ДЦК, обладающих положительными свойствами древесины и цементного камня, базируется на использовании некондиционной древесины и отходов ее переработки, а также отходов сельскохозяйственного производства, то такую отрасль можно считать стабильно обеспеченной сырьем.

Одним из направлений повышения прочностных и деформативных показателей ДЦК является применение высокоэффективного вяжущего низкой водопотребности

(ВНВ). Предпосылками его использования является высокий темп набора прочности и особенно в начальный период твердения. Это важно для ДЦК, так как сокращаются сроки отрицательного воздействия легкогидролизуемых сахаров, содержащихся на поверхности древесного и других органических целлюлозосодержащих заполнителей на процессы гидролиза и гидратации клинкерных цементов. Имеющийся опыт получения арболита с высокими прочностными показателями на основе БТЦ и ОБТЦ подтверждает эффективность применения для ДЦК вяжущих с высоким темпом набора прочности.

Исследовали возможность замены портландцемента ВНВ.

Образцы арболита получали на основе ВНВ-100, ВНВ-50 и ВНВ-30 с содержанием клинкерного составляющего (портландцемента марки 400) соответственно 100, 50 и 30 %. В качестве заполнителя использовали древесную дробленку, лузгу рисовой соломы, рисовую солому, гуза-пая (сечка стебля хлопчатника), отходы хлопкоочистительных

ЖБК, а помол цемента совместно с песком, шлаком, золой и С-3 производить в шаровых мельницах производительностью 5 т/ч. ВНВ-100 допускается использовать для бетонов класса В60, ВНВ-50 — классов В30...В40, а ВНВ-30 — классов В15...В22, 5. Особенно эффективно применение ВНВ-50 и ВНВ-30 в сельскохозяйственном строительстве.

Для обеспечения внедрения новой технологии необходимо решить проблему домолы цемента. Возможность получения ВНВ высоких марок подтверждена многочисленными исследованиями.

В результате экспериментов на ВНВ-100 установлена возможность получать бетоны высокой морозостойкости ($F > 800$), на ВНВ-50 — $F = 130$, на ВНВ-30 — $F = 70-100$ (морозостойкость бетона на исходном цементе 280...300).

предприятий (смесь гуза-пая, корочки, отчесы хлопка), пылевидные фракции зеленой массы и минеральные примеси (в сочетании 36, 52, 5 и 7 %). В качестве добавок-минерализаторов применяли: хлорид кальция CaCl₂, хлорид алюминия AlCl₃ и натриевое жидкое стекло. Сернистый глинозем при использовании портландцемента был исключен как наиболее дефицитный и агрессивный по отношению к стальной арматуре.

По результатам экспериментов (рис. 1) для каждого вида заполнителя были выбраны оптимальные соотношения В/Ц или В/В (водо-вяжущее отношение), а древесно-цементное (или заполнитель-вяжущее З/В) отношение для всех составов принимали равным 0,6.

Значительный разброс значений В/В главным образом связан с неодинаковым водопоглощением разных органических целлюлозосодержащих заполнителей. В экспериментах принимали следующие значения В/Ц: для древесной дробленки — 0,8, для лузги рисовой соломы — 0,75, для гуза-пая — 0,9,

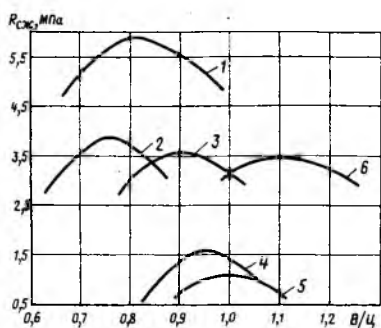


Рис. 1. Зависимость В/Ц от вида органического целлюлозосодержащего заполнителя и его влияние на прочность арболита на основе ВНВ-100

1 — древесная дробленка; 2 — рисовая лузга; 3 — гуза-пай; 4 — рисовая солома; 5 — отходы хлопкоочистительных предприятий; 6 — контрольный образец из древесной дробленки и портландцемента марки 400

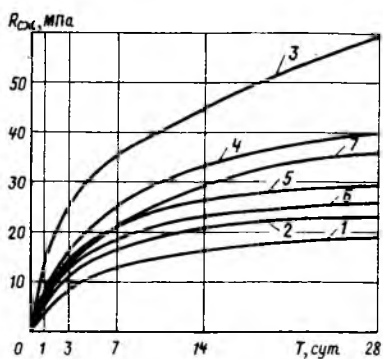


Рис. 2. Влияние вида обработки древесного заполнителя арболита и расхода вяжущего на его прочность при статическом сжатии

1 — без добавки и обработки расход ВНВ-100—400 кг/м³; 2 — то же, обработка раствором СаСl₂ (2 % массы ВНВ-100); 3 — то же обработка раствором жидкого стекла (4 % массы ВНВ-100); 4 — обработка раствором жидкого стекла (4 % массы ВНВ-100) при расходе ВНВ-100 — 350 кг/м³; 5 — то же при расходе ВНВ-100—300 кг/м³; 6 — обработка раствором АlСl₃ (2 % массы ВНВ-100), при расходе ВНВ-100—400 кг/м³; 7 — контрольный образец

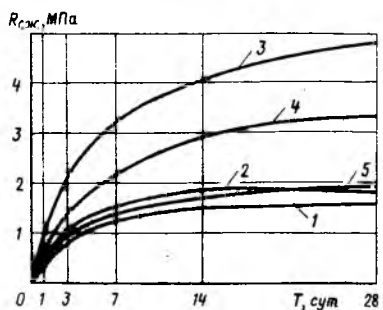


Рис. 3. Влияние вида обработки древесного заполнителя и расхода ВНВ-50 на прочность арболита на сжатие

1 — без обработки и добавки, расход ВНВ-50—400 кг/м³; 2 — то же обработка раствором СаСl₂ (2 % массы ВНВ-50); 3 — то же, обработка раствором жидкого стекла (4 % массы ВНВ-50); 4 — то же, при расходе ВНВ-50—350 кг/м³; 5 — то же, при расходе ВНВ-50—300 кг/м³

для рисовой соломы — 0,95 и отхода хлопкоочистительных предприятий — 1. Все виды заполнителей арболита при использовании ВНВ снижали его водопотребность по сравнению с аналогичными составами на портландцементе в 1...1,3 раза.

Наилучшие результаты по прочностным показателям арболита были получены на ВНВ-100 при обработке древесного заполнителя раствором жидкого стекла в количестве 4 % массы вяжущего (5,98 МПа при $\rho=725$ кг/м³) несколько ниже на ВНВ-50 (4,96 МПа) и ВНВ-30 (4,03 МПа) рис. 2...4). Однако при принятом расходе вяжущего прочность такого арболита выше, чем у контрольного образца на портландцементе марки 400.

Для всех трех составов водопоглощение (рис. 5) и коэффициент размягчения выше, чем у контрольных образцов: для класса В3,5—42 % и 0,61.

Более высокие результаты арболита по основным показателям получены на ВНВ при использовании жидкого стекла. Это объясняется тем, что темпы набора прочности и без эффективных ускорителей твердения СаСl₂ и АlСl₃ достаточно высоки, а введение хлоридов увеличивает темпы и степень гидратации вяжущего, усугубляя процессы структурообразования на границе контакта с древесным заполнителем, где процессы гидролиза и гидратации клинкерного составляющего ВНВ заторможены.

Аналогичные результаты получены при использовании в качестве заполнителя рисовой лузги (арболит на основе ВНВ-100 и жидкого стекла). Впервые в отечественной и зарубежной практике на основе рисовой лузги получен арболит с пределом прочности $R_{сж}=4$ МПа при $\rho=700$ кг/м³, т. е. класс арболита В2,5. При этом водопоглощение составило лишь 22,9 %, а коэффициент размягчения $K=0,7$. Арболит на рисовой соломе можно рекомендовать в качестве стенового материала. Арболит на рисовой лузге и ВНВ-50 и ВНВ-30 также имеет достаточно высокие результаты: соответственно $R_{сж}=2,07$ и 2,54 МПа, т. е. класс прочности В2, водопоглощение 24,5 и 26,2 %, коэффициенты размягчения 0,68 и 0,66.

Этот вид арболита можно рекомендовать для производства ограждающих конструкций, как в виде панелей, крупных блоков, так и

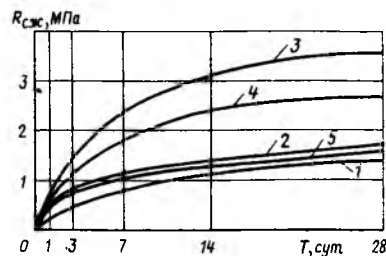


Рис. 4. Влияние вида обработки древесного заполнителя и расхода ВНВ-30 на прочность арболита при сжатии

1 — без обработки и добавки, расход ВНВ-30—400 кг/м³; 2 — то же, обработка раствором СаСl₂ (2 % массы ВНВ-30); 3 — то же, обработка раствором жидкого стекла (4 % массы ВНВ-30); 4 — то же, при расходе ВНВ-30—350 кг/м³; 5 — то же, при расходе ВНВ-30—300 кг/м³

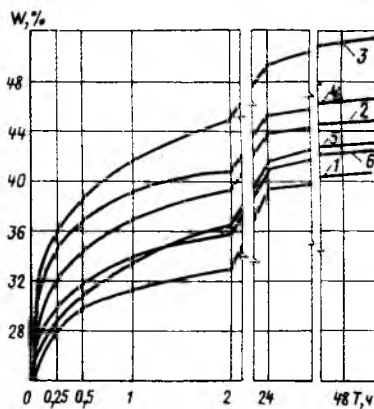


Рис. 5. Кинетика водопоглощения арболита на основе ВНВ-100 и древесной дробленки в зависимости от расхода вяжущего и вида добавки

1 — обработка раствором жидкого стекла при расходе ВНВ — 400 кг/м³; 2 — то же, при расходе ВНВ — 350 кг/м³; 3 — то же, при расходе ВНВ 300 кг/м³; 4 — без обработки, при расходе ВНВ — 400 кг/м³; 5 — то же, обработка раствором СаСl₂; 6 — то же, обработка раствором СаСl₂ + жидкое стекло

в виде мелкоштучных блоков и перегородочных плит.

Арболит на рисовой соломе имеет невысокие показатели по прочности, водопоглощению и коэффициенту размягчения ($R_{сж}=0,52...1,62$ МПа, $W=58,7...50,2$ % и $K=0,35...0,47$) и соответствует классам В0,35...В1. Арболит на рисовой соломе классов В0,35 и В0,75 можно применять лишь в качестве тепло- и звукоизоляции при использовании в качестве вяжущего ВНВ-50 и ВНВ-30, а класса В1 — в качестве мелкоштучных перегородочных плит.

Арболит на сечке гуза-пай имеет более низкие физико-механические показатели, чем арболит на древесной дробленке и рисовой лузге, но выше, чем на рисовой соломе. Составы арболита при $\rho=685...700$ кг/м³, расходе ВНВ-100 400 кг/м³ и при $\rho=600$ кг/м³, расходе ВНВ-50

350 кг/м³ соответствуют классам В2,5 и В2, имеют удовлетворительные показатели коэффициента размягчения (0,66 и 0,61) и могут быть рекомендованы для стенового материала. При расходе ВНВ 300 кг/м³ его можно применять в качестве перегородочного и изоляционного материалов.

При использовании в качестве заполнителя отходов хлопкоочистительных предприятий арболит имеет невысокие показатели: $R_{сж}=0,4...1,13$ МПа, т. е. класс по прочности В0,35...В0,75, соответственно водопоглощение 0,65...0,74,2, коэффициент размягчения 0,35...0,43. Арболит этого состава можно использовать для изготовления звуко- и теплоизоляционных изделий, при этом целесообразно использовать ВНВ-50 и ВНВ-30 при расходе вяжущего не более 300 кг/м³.

Теплопроводность арболита на ВНВ близка к такому показателю арболита на портландцементе и зависит от средней плотности материала. Для древесного заполнителя при $\rho=725$ кг/м³ она составляет 0,14 Вт/(м·°С), а при $\rho=540$ кг/м³ — 0,95 Вт/(м·°С), для

арболита на отходах хлопкоочистительных предприятий при $\rho=550...600—0,08...0,95$ Вт/(м·°С). Усадка арболита связана с его высыханием в процессе твердения и зависит от усадки цементного камня и вида заполнителя. В среднем для арболита разной плотности на основе ВНВ усадка составила 0,3...0,5 %, т. е. 3...5 мм на 1 пог. м. Минеральная усадка наблюдается у арболита на рисовой лузге, максимальная — на древесном заполнителе и отходах хлопкоочистительных предприятий.

Для предотвращения усадки арболитовых блоков в возведенных зданиях, образования открытых швов и трещин в стенах и простенках изделия из арболита следует выдерживать на закрытых, а затем и открытых складах до стабилизации размеров.

Выводы

Экспериментально подтверждена возможность получения арболита с улучшением физико-механическими свойствами на основе вяжущего низкой водопотребности (ВНВ).

Производство арболита на ВНВ

может существенно расширить сырьевую базу для получения заполнителя, так, наряду с древесной дробленкой и лесопильными отходами целесообразно использовать гуза-паю, рисовую солому, рисовую лузгу и отходы хлопкоочистительных предприятий.

Учитывая, что прочность при сжатии арболита, полученного на основе ВНВ-100, лишь на 18...20 % превышает прочность арболита на ВНВ-50 и то, что на получение ВНВ-50 значительно сокращаются энергозатраты и материалоемкость, для производства арболита рекомендуется использовать ВНВ-50 и ВНВ-30.

Применение эффективных традиционных химических добавок (минерализаторов органического целлюлозосодержащих заполнителей), хлоридов, в частности $CaCl_2$ для арболита на портландцементе с применением в качестве вяжущего ВНВ менее эффективно, чем жидкое стекло.

При производстве арболита, как при получении бетонов на минеральном заполнителе, применение ВНВ снижает его водопотребность.

Научно-технический кооператив «АДАПТОР» распространяет техническую документацию:

- Фильтр для очистки воздуха на выходе приемного бункера БСЦ, выполненный в виде каскада металлических секций, заполненных щебнем (цена комплекта чертежей — 200 р.).
- Приспособление для стяжки проволочного крепления груза на железнодорожных платформах — ключ-«защелка» (100 р.).
- Пневмосос для подачи цемента на высоту от 4 до 30 м производительностью 30...60 т/ч (200 р.).
- Виброустройство накладное для очистки долувагонов от сыпучих инертных материалов (200 р.).
- Вибротумба массой 1,5 т для уплотнения нежестких бетонных смесей (200 р.).

Расылка документации производится наложенным платежом по гарантийному письму в месячный срок. Адрес: 254112, Киев, а/я 848, «Адаптор».

УДК 691.327:678.027

А. В. РОЖНОВ, инж. (Рязанский филиал СКТБ Стройиндустрия)

Стендовое формовочное оборудование

В настоящее время формование крупноразмерных конструкций осуществляется различными способами вибрационного воздействия на бетонную смесь.

Наиболее перспективным является усовершенствованный способ стандового производства на базе стационарных виброформ с паровой рубашкой. Последние оснащены виброблоком с вертикальным валом, обеспечивающим многокомпонентные колебания в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Стандовый способ производства крупноразмерных изделий позволяет с минимальными затратами и в короткий срок организовать их выпуск, чего нельзя достигнуть при агрегатно-поточном способе организации производства. Высокая

эффективность эксплуатации подобного оборудования подтверждена практикой заводов ЖБИ Москвы, Минска, Донецка и др.

Рязанский филиал СКТБ Стройиндустрия разрабатывает серию стандов для формования балок, колонн, ригелей и других изделий. Опыт эксплуатации подобного оборудования на заводах стройиндустрии выявил недостатки в конструкции стандов, которые были учтены при проектировании нового оборудования, например станда для формования подкрановых балок серии 1.426.1—4 длиной 6 м (см. рисунок).

Основой станда является четырехместная, двухручьева виброформа с паровой рубашкой, установленная на круглые резиновые опоры.

Станд оснащен устройством для группового натяжения арматуры, однако в отличие от существующих конструкций на нем установлена только подвижная траверса без гидравлической системы натяжения, что значительно упростило конструкцию и удешевило изготовление станда. Натяжение арматуры осуществляется с помощью переносной натяжной станции с двумя гидравлическими домкратами и насосной установкой. Станция универсальная, с необходимым запасом усилия натяжения, что позволяет применять ее на различных стандах, установленных в пролете цеха.

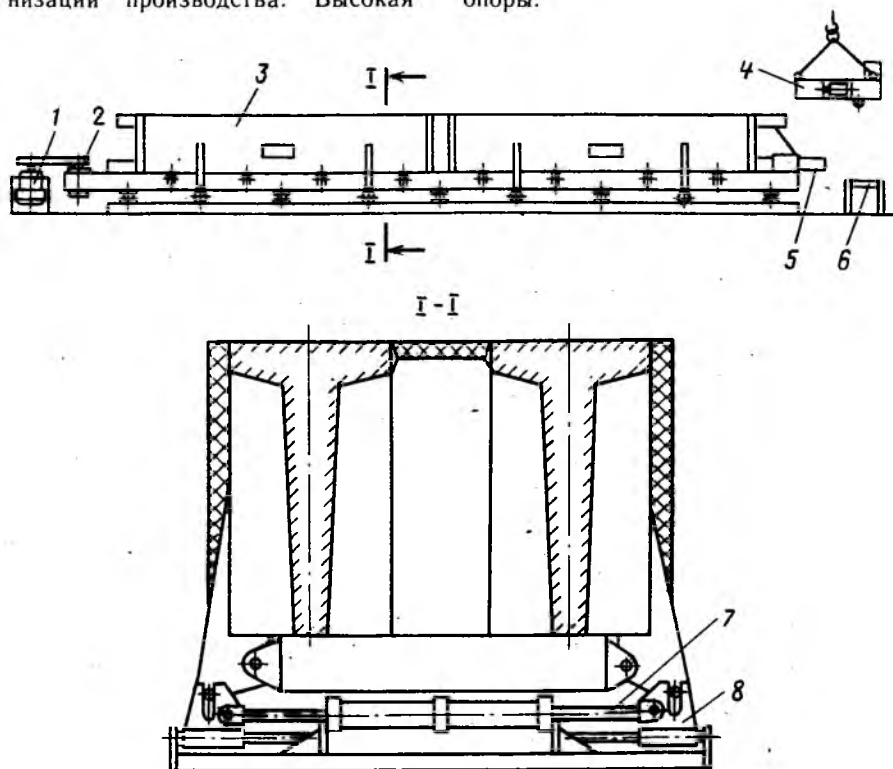
Гидросистема станции обеспечивает автоматическое, в зависимости от нагрузки, переключение с ускоренного холостого перемещения натяжного якоря на рабочее замедленное. Замковое сцепление якоря станции с траверсой станда осуществляется автоматически. В момент установки станция якорем упирается в траверсу и ложится двумя колесами на специальный опорный столик.

Техническая характеристика натяжной станции

Установленная мощность, кВт	1,8
Максимальное усилие натяжения, кН	4000
Максимальное давление в гидросистеме, МПа	70
Минимальное давление в гидросистеме, МПа	2
Масса, кг, не более	1540
Габариты, мм, не более	1500×950×915

Особенностью станда является также гидравлическая система открывания боковых бортов виброформы. В существующих стандах борта открываются отдельными цилиндрами, штоки которых крепятся непосредственно на борту, и вибрация передается по цилиндру. Это приводит к быстрому износу уплотнительного узла штока. Кроме того, расположение их по бокам станда мешает работе формовщика.

В разработанном станде сдвоенный гидроцилиндр расположен внизу поддона и соединен с бортами через механизм, который не передает вибрацию на гидроцилиндр. Это позволило вдвое уменьшить число цилиндров и освободить место для обслуживания станда.



Станд для формования подкрановых балок

1 — привод; 2 — виброблок; 3 — виброформа; 4 — натяжная станция; 5 — траверса; 6 — опорный столик; 7 — гидроцилиндр; 8 — механизм открывания бортов

УДК 624.012.4

Н. В. СВИРИДОВ, д-р техн. наук, М. Г. КОВАЛЕНКО, В. М. ЧЕСНОКОВ,
кандидаты техн. наук

Прочность и деформативность железобетонных элементов из особо прочного бетона

Таблица 2

№№ эле- ментов	Площадь продольной арматуры, см ²	N _{срс.} кН	M _{срс.} кН·м	N _{max} кН	M _{max} кН·м	$\frac{E_{\text{см}}}{E_{\text{бт}}}$	Максимальные напряжения в продольной в арматуре, МПа
<i>Стойки</i>							
I-1	5,0/2,2 ¹	290/660 ²	—	1080	—	3,30	263/367 ³
I-2	5,0/2,2	880/660	—	1080	—	2,95	212/349
I-3	7,5/2,2	600/585	—	1140	—	3,08	209/367
I-4	7,5/2,2	880/585	—	1180	—	2,93	173/360
II-1	5,0/2,2	590/510	—	1100	—	2,85	236/310
II-2	5,0/2,2	680/510	—	1050	—	2,68	246/319
II-3	7,5/2,2	1170/545	—	1200	—	3,25	182/309
II-4	7,5/2,2	1040/545	—	1140	—	2,90	213/346
<i>Балки</i>							
IV-1	2,2/—	—	12/8,3 ²	—	55	3,85	1290/—
IV-2	2,2/—	—	10/8,3	—	51	3,10	1285/—
IV-3	4,4/—	—	24/8,3	—	80	3,40	1195/—
IV-4	4,4/—	—	24/8,3	—	73	3,70	1160/—
III-3	4,4/—	—	20/8,0	—	77	3,80	1140/—
III-4	4,4/—	—	20/8,0	—	80	3,60	1175/—
IV-5	5,0/—	—	20/8,9	—	73	3,10	980/—
IV-6	5,0/—	—	36/8,9	73	3,40	3,40	985/—

Примечания. 1. Перед чертой — A_s , после черты — A'_s . 2. Перед чертой — опытные усилия перед образованием трещин на растянутой грани элементов, после черты — расчетные. 3. Перед чертой — в арматуре S, после черты — S'.

Исследованиями [1, 2] обоснована технология получения тяжелых цементных бетонов прочностью 120...150 МПа, а также определены физико-механические характеристики особо прочного бетона, используемые при расчете железобетонных элементов. Для уточнения методики расчета таких элементов оценили прочность и деформативность стержневых элементов при внецентренном сжатии и изгибе по рекомендациям [3].

Бетонные образцы — призмы размером 100×100×400 мм испытывали на внецентренное сжатие при полностью сжатом поперечном сечении. При исследовании армированных элементов из особо прочного бетона на внецентренное сжатие и изгиб устанавливали параметры эпюр напряжений и деформаций в сжатой зоне нормального сечения, зависимость $\sigma_s - \xi$, трещиностойкость и деформативность элементов.

Характеристики бетона образцов приведены в табл. 1. Составы бетонных смесей соответствуют номинальным [2]: Ц:П:Щ:В:СП = 1,00:1,21:3,14:0,85:0,015.

Размеры и армирование балок показаны на рис. 1. Данные испытаний армированных элементов приведены в табл. 2. Деформации арматуры фиксировали тензорезисторами 2 ПКП-20-200, наклеен-

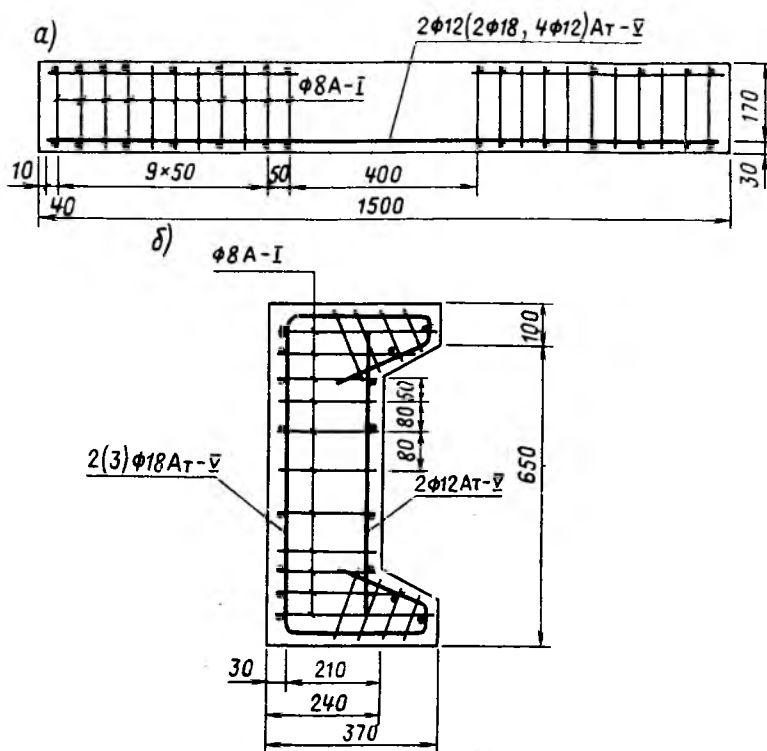


Таблица 1

Со- став бе- тона	R _m , МПа	R _b , МПа	E _b × 10 ⁻² , МПа	$\epsilon_{\text{бу1}}$, /100	ω_{exp}	β_{exp}
I	141	112	578	2,41	0,604	0,338
II	134	105	543	2,48	0,645	0,360
III	141	113	604	2,43	0,560	0,366
IV	135	108	551	2,48	0,580	0,350

Примечания. 1. Армирование железобетонных элементов выполнено стержнями 12...18 Ат-V. 2. Характерные точки опытных диаграмм для этих стержней: $\sigma_{0,02} = 975$ и 760 МПа; $\sigma_{0,2} = 1220$ и 960 МПа; $\sigma_{\theta} = 1320$ и 1100 МПа и $E_s = 193000$ и 192000 МПа.

Рис. 1. Схемы армирования и размеры опытных балок (а) и стоек (б)

ными на зачищенные по ребрам рисунка площадки, покрывали слоем битумной мастики и защищали сверху от механического воздействия бетона цементно-эпоксидным составом. Тензодатчики-представители из каждой упаковки протарировали при относительных деформациях от 0 до 1 % с помощью специального устройства. Переход от деформаций арматуры к напряжениям осуществляли по предложению [4].

Анализом установлено, что эпюры деформаций нормальных сечений практически линейны на всех этапах нагружения образцов вплоть до разрушения. Это справедливо как для внецентренно сжатых бетонных призм, так и для армированных внецентренно сжатых (при $e/h_0=0,83$) и изогнутых элементов. Поэтому в дальнейшем при оценке эпюры напряжений и зависимости $\sigma_s - \xi$ допускали справедливость условия линейного деформирования нормальных сечений.

Согласно источнику [3], характеристику бетона сжатой зоны ω при внецентренном сжатии предлагает оценивать выражением

$$\omega = 1 - \frac{\epsilon_y}{2\epsilon_{bu1}}, \quad (1)$$

где ϵ_y — часть полной относительной деформации ϵ_{bu1} , условно определяемая как R_b/E_b ; ϵ_{bu1} — относительные деформации бетона при осевом сжатии стандартных призм, соответствующие напряжениям R_b .

Используя данные предыдущих испытаний [2], для определения ω с некоторой осторожностью было предложено выражение

$$\omega = 1 - \sqrt{0,25 - \frac{6,75}{R_b}}. \quad (2)$$

Расчетные значения ω по выражению (2) не превышают опытных, полученных при испытании стандартных призм (см. табл. 1). Относительные деформации бетона на наиболее сжатой грани призм составили 2,8...3,2‰. При этом опытные значения ϵ_{bu} удовлетворительно соответствуют расчетным, полученным по предлагаемой в источнике [3] зависимости

$$\epsilon_{bu} = 2\omega\epsilon_1. \quad (3)$$

Положение центра эпюры напряжений определяется условием $\beta = (1 + 2\omega)/6$.

Фактически трапецевидная,

близкая к треугольной, форма эпюры напряжений в бетоне сжатой зоны сечения предполагает использование уравнений равновесия для внецентренно сжатых стоек:

$$Ne = \sigma_b b h_0 \xi \left(1 - \frac{\beta \xi}{\omega}\right) + \sigma_{sc} A_s^1; \quad (4)$$

$$N = \sigma_b b h_0 \xi + \sigma_{sc} A_s^1 - \sigma_s A_s. \quad (5)$$

Дополнительное условие — зависимость $\sigma_s - \xi$, принятое по формуле (67) СНиП 2.03.01—84, дает расхождение с опытными данными по напряжениям в растянутой арматуре $\approx 20\%$ в сторону их недооценки. Лучшее совпадение достигается при использовании относительных деформаций бетона на сжатой грани ϵ_{bu} , соответствующих предельному состоянию нормального сечения. В этом случае зависимость $\sigma_s - \xi$

$$\xi = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_s}{E_s \epsilon_{bu}}}, \quad (6)$$

где ϵ_{bu} для особо прочного бетона при $\sigma_s \leq \sigma_{sel} = 0,8R_s$ подсчитывают по выражению (3).

Значения коэффициента ω^{exp} , полученные из статического расчета

$$\omega^{exp} = \frac{N_b}{b x_{\Phi} R_b}, \quad (7)$$

где $N_b = N^{exp} - \sigma_{sc}^{exp} A_s^1 + \sigma_s^{exp} A_s$; x_{Φ} , σ_{sc}^{exp} , σ_s^{exp} — опытные значения высоты сжатой зоны и напряжений в растянутой и сжатой арматуре перед разрушением, близкие к результатам испытаний стандартных призм на внецентренное сжатие.

Отсюда можно сделать вывод, что наибольшие значения ординаты условной трапецевидной эпюры напряжений в сжатой зоне сечения σ_b^{max} равны призменной прочности бетона R_b . Результаты расчета прочности стоек по условиям (4)...(6) имеют расхождение с опытными данными 2...6 %.

Для испытанных балок параметры эпюр деформаций и напряжений имеют несколько иные значения, чем для внецентренного сжатия. Это соответствует экспериментально обоснованным для менее прочных бетонов представлениям о влиянии на ϵ_{bu} , σ_b^{max} , ω степени неоднородности напряжений в нормальном сечении [3, 5], выражаемой через относительную высоту сжатой зоны сечения ξ .

Для более точной оценки площади эпюры напряжений в балках

условную диаграмму сжатия бетона $\sigma_b - \epsilon_b$ приняли в виде билинейной схемы с участком пластического деформирования [5]. В этом случае с учетом допущения условия линейного деформирования нормального сечения зависимость $\epsilon_{bu} - \omega$ можно записать в виде

$$\epsilon_{bu} = \frac{\epsilon_{bu1}}{1 - \omega} \left(\frac{C}{2} + 1 - \omega \right), \quad (8)$$

где C — критерий энергоемкости бетона: $C = 1 - R_{cr}^0/R_b$.

Это выражение удовлетворительно согласуется с опытными данными для особо прочного бетона, полученными при испытании бетонных призм, армированных стоек и балок. В дальнейшем необходимо уточнить значение C для особо прочного бетона в зависимости от $\alpha = \mu R_s/R_b$. Анализ ω по формуле (8) и данных, полученных из уравнения равновесия $\omega^{exp} = \frac{\sigma_s^{exp} A_s}{R_b b x_{\Phi}}$, показал, что наибольшие значения напряжений при изгибе в условной эпюре напряжений превышают призменную прочность особо прочного бетона, т. е. $\sigma_b^{max} = K_k R_b$. Для испытанных балок $K_k = 1,19...1,62$.

С некоторой осторожностью предложено принимать

$$\left. \begin{array}{l} \text{при } \sigma_s \geq R_s \quad K_k = 1,25; \\ \text{при } \sigma_s \leq 0,8R_s \quad K_k = 1, \end{array} \right\} \quad (9)$$

промежуточные значения — по линейной интерполяции.

Опытные значения ω использовали для уточнения выражения (2) с учетом влияния степени неоднородности напряжений в нормальном сечении:

$$\omega = 1 - \sqrt{0,25 - \frac{6,75}{R_b} \frac{1 - \xi}{0,45}} \quad (10)$$

Результаты расчета прочности балок с учетом выражений (8)...(10) отличаются от опытных данных на 3...12 %. Условие (6) для определения зависимости $\sigma_s - \xi$ в общем случае для элементов из особо прочного бетона

$$\xi = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sel}}{E_s \epsilon_{bu}}}, \quad (11)$$

где σ_{sel} — условные упругие напряжения в арматуре: $\sigma_{sel} = \sigma_s$ при $\sigma_s \leq R_s$ (арматура с физическим пределом текучести) и $\sigma_s \leq 0,8R_s$ (арматура с условным пределом текучести); $\sigma_{sel} = (\omega/\xi - 1)E_s \epsilon_{bu}$ — в остальных случаях.

ξ_R определяются также, как в СНиП 2.03.01—84, при $\sigma_s = R_s$ (или $R_s + 400$ для сталей без физической площадки текучести).

На рис. 2 зависимость (11) построена с учетом физических характеристик использованных для железобетонных элементов материалов (см. табл. 1). Результаты испытаний при изгибе и внецентренном сжатии элементов хорошо согласуются с расчетной кривой. Данные расчета по формулам СНиПа (при прямоугольной форме эпюры напряжений и $\omega = 0,5$) дают тем большее расхождение с опытными данными, чем меньше σ_s/R_s . При этом удовлетворительным является совпадение результатов только при $\sigma_s/R_s \geq 1$. Предлагаемые уточнения в методике оценки прочности нормальных сечений позволяют получить удовлетворительное совпадение расчетных и опытных данных на всем диапазоне значений $\xi \leq \omega$.

Трещиностойкость и деформативность элементов из особо прочного бетона оценивали, сопоставляя результаты, полученные на основании опытных данных по деформациям бетона и арматуры, и расчетных значений M_{crc} (N_{crc}) и $1/r$, определенных по СНиП 2.03.01—84.

Опытные и расчетные значения трещиностойкости стоек и балок приведены в табл. 2. Для внецентренно сжатых элементов эти данные имеют хорошее совпадение. Для балок фактическая трещиностойкость оказалась в 1,3...3,1 раза выше расчетной, что объясняется недооценкой действительных напряжений в растянутой зоне бетона R_{bt} . Более точное совпадение достигается при использовании в расчете значений напряжений при изгибе $R_{пр}$.

Деформативность балок оценивали по зависимости $M-1/r$ для среднего по длине элемента сечения. Опытное значение кривизны

$$\frac{1}{r} = \frac{\varepsilon_s + \varepsilon_{bu}}{h_0} \quad (12)$$

Достоверность $1/r$ сопоставляли с опытными прогибами, удовлетворительное совпадение результатов получилось на всех этапах нагружения балок.

На рис. 3 приведена схема деформирования испытанных балок. Анализ зависимости $M-1/r$ в области значений $M = M_{crc} \pm \Delta M$ показал, что трещинообра-

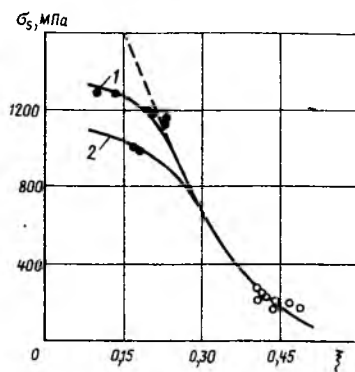


Рис. 2. Зависимость $\sigma_s - \xi$ для особо прочного бетона
1 — балки с арматурой $\varnothing 12$; 2 — то же $\varnothing 18$ мм; ● — балки; ○ — стойки

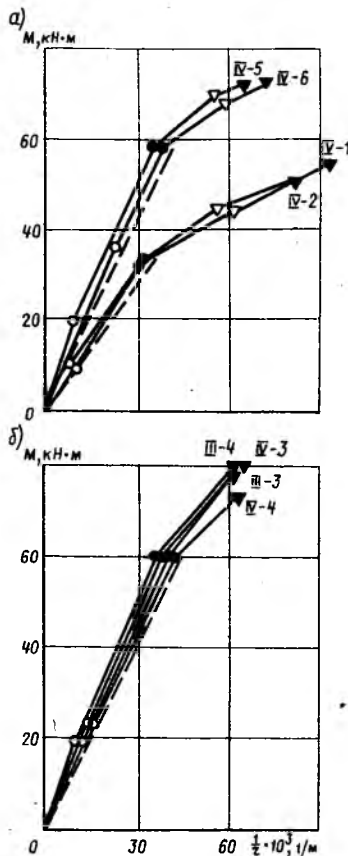


Рис. 3. Схемы деформирования опытных балок из особо прочного бетона с $\mu = 1,3$ и $2,9$ % (а) и $\mu = 2,6$ % (б)

— — — по нормам;
○ — $M = M_{crc}$; ● — $\sigma_s = \sigma_{el}$; △ — $\sigma_s = \sigma_{0,2}$; ▲ — $M = M_{max}$; III-3—III-4 и IV-1... IV-6 — номера опытных балок

зование у балок из особо прочного бетона и высокопрочной арматуры не вызывает резкого изменения или даже скачкообразного прироста кривизны, что характерно для бетонов низкой и средней прочности. Линейный характер зависимости $M-1/r$ сохраняется практически до следующей характерной точки $\sigma_s = \sigma_{el}$. Протяженность остального криволинейного участка зависит от количества арматуры, как и для

элементов из бетонов меньшей прочности.

Хорошее совпадение опытных и расчетных результатов для всех испытанных серий балок позволяет использовать методику СНиПа для оценки деформативности элементов из особо прочного бетона с различным содержанием арматуры.

Выводы

Приведены результаты экспериментальных исследований армированных изгибаемых и внецентренно сжатых элементов из обычного тяжелого цементного бетона прочностью 130...140 МПа.

Расчет прочности железобетонных изгибаемых и внецентренно сжатых элементов из особо прочного бетона по нормальным сечениям предлагается производить по СНиП 2.03.01—84 с учетом зависимостей (8)...(11). Деформативность и трещиностойкость рассмотренных элементов предварительно можно оценивать по нормам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свиридов Н. В., Коваленко М. Г. Бетон прочностью 150 МПа на рядовых портландцементях // Бетон и железобетон.— 1990.— № 2.— С. 21—22.
2. Свиридов Н. В., Коваленко М. Г., Чесноков В. М. Механические свойства цементного бетона прочностью 120...150 МПа // Бетон и железобетон.— 1990.— № 2.— С. 7—9.
3. Рекомендации по методике определения параметров, характеризующих свойства различных бетонов при расчете прочности нормальных сечений стержневых железобетонных элементов.— М.: НИИЖБ, 1984.— 32 с.
4. Мамедов Т. И. Расчет прочности нормальных сечений элементов с использованием диаграмм арматуры // Бетон и железобетон.— 1988.— № 8.— С. 22—25.
5. Попов Г. И. Железобетонные конструкции, подверженные действию импульсных нагрузок.— М.: Стройиздат, 1986.— 128 с.

В. В. ГАБРУСЕНКО, канд. техн. наук (Новосибирский инженерно-строительный ин-т)

К расчету поясов решетчатых балок на поперечную силу

При проектировании решетчатых балок работе поясов на поперечную силу обычно не придают первостепенного значения, полагая, что общую прочность конструкций определяет прочность нормальных сечений. В связи с этим расчеты наклонных сечений носят достаточно условный характер: пояса рассматривают как стержни упругой системы без учета изменения их первоначальной жесткости и влияния силы предварительного обжатия [1]. Однако в процессе испытания балок с параллельными поясами и двускатных с уклоном верхнего пояса 1 : 12 было отмечено разрушение крайних панелей поясов по наклонным сечениям, причем опытные данные расходились с теоретическими. Ниже предлагается приближенный порядок расчета, основанный на методике СНиП 2.03.01—84.

Очевидно, что уклоны поясов играют разгружающую роль при воздействии поперечной силы (рис. 1).

$$Q_i = Q - \bar{N}(i + j), \quad (1)$$

где Q — балочная поперечная сила; Q_i — поперечная сила, воспринимаемая поясами; i и j — уклоны (тангенсы углов наклона) верхнего и нижнего поясов.

Горизонтальные проекции продольных сил в поясах можно приближенно определить, исходя из балочного изгибающего момента M в среднем сечении отверстия

$$\bar{N} = M/z, \quad (2)$$

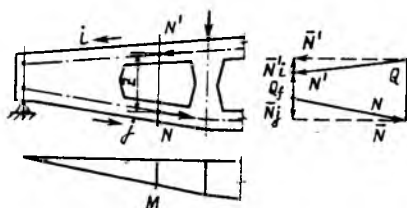


Рис. 1. К определению поперечной силы в поясах

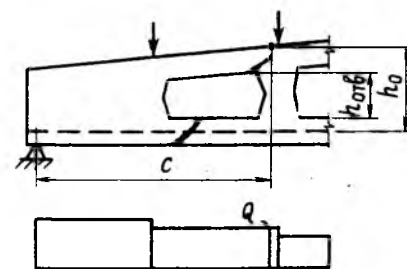


Рис. 2. Параметры наклонного сечения

где z — расстояние между центрами тяжести приведенного сечения верхнего пояса и растянутой арматуры нижнего пояса.

Из выражений (1), (2) и силового многоугольника, показанного на рис. 1, следует, что чем ближе сходятся оси поясов над опорой, тем меньше поперечная сила в крайних панелях, а рассматривая шире — поперечные силы в поясах уменьшаются по мере приближения очертания балки к эпюре балочных моментов. Именно этим объясняется то, что в ароч-

ных балках, даже при испытании их по опорной схеме, пояса всегда разрушаются по нормальным сечениям [2].

При определении несущей способности поясов необходимо учесть ослабление сечения отверстием, влиянием хомутов можно пренебречь. Тогда условие прочности имеет вид

$$Q_i \leq Q_b, \quad (3)$$

$$Q_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_{п}) R_{bt} b (h_0^2 - h_{отв}^2) / c, \quad (4)$$

где $h_{отв}$ — высота отверстия (рис. 2),

$$\varphi_{п} = 0,1P/R_{bt}b(h_0 - h_{отв})\sqrt{1 + j^2}. \quad (5)$$

С использованием выражений (1)–(5) были обработаны результаты испытаний балок с параллельными поясами (БРП) и двускатных (БДР), пояса которых разрушились в наклонных сечениях. Как видно из таблицы, расхождение между опытными и теоретическими значениями вполне приемлемо.

Таким образом, рассмотренный порядок расчета, не претендуя на исчерпывающую точность, дает удовлетворительные результаты. Его достоинство заключается в простоте — отпадает необходимость расчета статически неопределимой системы, что особенно важно на начальной стадии проектирования (при назначении размеров сечения).

Тип балок	Класс арматуры	Прочность бетона R_c , МПа	$\varphi_{п}$	$Q_i^{оп}$, кН	$\frac{Q_i^{оп}}{Q_i^{теор}}$	$Q_i^{теор}$, кН	$\frac{Q_i^{оп}}{Q_i^{теор}}$
БРП 9	К-7	39,4	0,38	176,7	1,0	152,6	1,158
БРП 9	К-7	39,4	0,37	162,9	1,0	156,0	1,044
БРП 12	К 2×8	44,0	0,89	360,5	1,0	351,4	1,026
БДР 12	К-7	45,0	0,49	321,2	0,76	315,5	1,018
БДР 12	К-7	44,8	0,48	325,9	0,76	322,9	1,009
БДР 12	А-IIIв	38,7	0,27	285,2	0,78	267,5	1,066
БДР 12	А-IIIв	30,2	0,41	257,5	0,78	237,2	1,085
БДР 12	А-IIIв	52,6	0,40	374,9	0,77	368,8	1,016

Примечание. $Q_i^{оп}$ — балочная поперечная сила, достигнутая при разрушении; $Q_i^{теор}$ — поперечная сила, определенная по (1), с использованием $Q_i^{оп}$; $Q_i^{теор}$ — то же, определенная по (4) с использованием фактических характеристик конструкций

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мартынов Б. Я., Сухарев Ю. Н., Бабков В. В. Методика расчета предварительно напряженных железобетонных решетчатых балок // Тр. НИИПромстроя. — Вып. XI. — М.: Стройиздат, 1973. — С. 5—14.
2. Арочные решетчатые балки пролетом 18 м / В. В. Габрусенко, Л. Д. Гришанов, В. А. Якушин и др. // Бетон и железобетон. — 1985. — № 12. — С. 16—17.

А. И. ШЕВКУНОВ, инж. (ДСК, Душанбе); А. С. ДМИТРИЕВ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

УДК 691.327:620.169.1

Повышение долговечности бетона путем применения комплексных добавок

Улучшение качества строительства невозможно без повышения долговечности железобетона. Только из-за коррозионных разрушений в строительстве ежегодно теряется 1,5...2 млрд. р. [1].

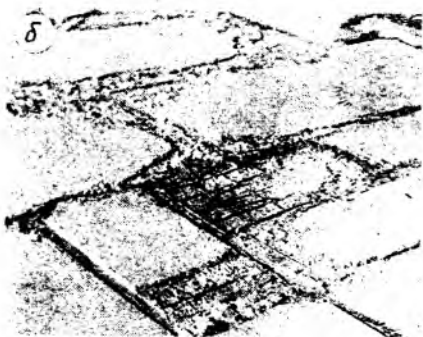
Обследование железобетонных изделий разного назначения в Душанбе выявило недостаточную долговечность железобетонных изделий, изготовляемых в массовом масштабе, которые эксплуатируются в условиях сухого и жаркого климата. На рисунке приведены некоторые виды разрушений обследованных изделий.

Низкое качество изделий приводит к необходимости их замены, что требует затрат материальных и трудовых ресурсов, а также переработки пришедшего в негодность железобетона. Кроме того, при этом необходимо решать вопросы экологии.

Низкая долговечность железобетона вызывается тем, что железобетон, эксплуатируемый в условиях сухого и жаркого климата, подвергается интенсивному воздействию солнечной радиации (ежесуточный нагрев и охлаждение), а в зимний период частому замораживанию и оттаиванию [2]. Эти факторы сильно расшатывают структуру бетона, что приводит к разрушениям конструкций.

Другим фактором является воздействие на бетон дождя и снега, т. е. влаги, содержащей выбросы заводов и фабрик в виде соединений серы, хлора и других, которая способствует коррозионным процессам в затвердевшем бетоне.

Наиболее сильное влияние на разрушение структуры бетона оказывают факторы сухого и жаркого климата — солнечная радиация, низкая влажность воздуха и ветра. Они способствуют сильному высушиванию бетона, и если последний не обладает зрелой плотной струк-



Типичные примеры разрушения железобетонных изделий

а — кровельные изделия; б — тротуарные и дорожные плиты; в — тротуарные плитки

турой с высокими релаксационными характеристиками [3], то в нем из-за усадочных процессов и большой потери влаги возникают микро- и макротрещины, что при воздействии прочих внешних факторов быстро разрушает бетон.

Наблюдения показывают, что изделия, изготовленные на заводах в летний период и сразу подвергающиеся эксплуатации в условиях сухого и жаркого климата, разрушаются через полгода. Изделия, изготовленные в зимний или весенний периоды, находятся в более мягких условиях эксплуатации, и структура бетона достигает большей зрелости, поэтому первые разрушения в них наблюдаются после года эксплуатации. Однако долговечность этих изделий (дорожных и тротуарных плит, бордюрных камней и кровельных панелей крыш и т. п.) весьма низка и необходимо коренным образом улучшить технологию их изготовления.

Так, одной из самых удачных технологий для повышения плотности бетона является ударная технология изготовления конструкций и изделий. Как правило, по ударной технологии изготавливают тонкостенные конструкции и изделия (панели, кровли, тротуарные и дорожные плиты, бордюрные камни и т. п.), для которых можно использовать жесткую или малоподвижную бетонные смеси. Это позволяет получать бетоны плотной структуры и гладкую рабочую поверхность изделий, так как они формируются «лицом вниз».

Однако использование только ударной технологии не обеспечивает надлежащей долговечности бетона (табл. 1), поэтому требуется введение в бетонную смесь различных добавок.

Введение пластифицирующей добавки ЛСТ в бетонную смесь повысило водонепроницаемость и термоморозостойкость бетона по сравнению с бездобавочным бетоном. Аналогичное повышение этих свойств бетона дало применение добавок СДО и С-3, хотя механизм действия воздухововлекающей добавки СДО иной, чем ЛСТ и С-3.

Введение суперпластификатора С-3 позволило сократить расход цемента на 10 % при том же В/Ц и получить более подвижную бетонную смесь.

Наиболее эффективно повысила водонепроницаемость и долговечность бетона добавка эмульбит. Однако приготовление эмульбита — весьма сложный и трудоемкий процесс, что затрудняет его широкое использование на ДСК и заводах ЖБИ. В настоящее время только два завода в стране используют добавку эмульбита для приготовления бетона (ДСК в Твери и ДСК-1 в Москве). В связи с этим возникает необходимость разработки более простых способов приготовления битумной эмульсии, чтобы заводы ЖБИ могли широко использовать ее для повышения долговечности бетона не только безрулонных крыш, но и других типов конструкций.

В настоящее время разработаны способ получения холодноприготовленной эмульсии с устранившим горячих процессов. Это значительно упрощает способ получения эмульсии, обеспечивает ее большую однородность и стабильность во времени.

Новые холодноприготовленные битумные эмульсии являются комплексными добавками, так как в качестве эмульгаторов используются распространенные пластифицирующие добавки и суперпластификаторы. В бетонных смесях, приготовленных с новыми добавками, проявляются как свойства пластифицирующих добавок, так и битумной эмульсии, что позволяет повышать долговечность бетона в большей степени, чем при использовании эмульбита. Так, разработанные нами комплексные добавки на основе холодноприготовленных битумных эмульсий: ХБЛ, ХБВ, ХБС, содержащие растворенный битум и с эмульгаторами ЛСТ, ВРП и С-3, а также ХБГЛ, ХБГВ и ХБГС, состоящие из битумной мастики и тех же эмульгаторов, позволили получить бетоны класса В22,5 повышенной долговечности. Бетоны этого класса без добавки имеют марки по морозостойкости не более F200 и по водонепроницаемости W4. Бетоны с добавками ЛСТ, С-3, СДО и их комплексами имеют термоморозостойкость 60 + (250...300). Бетоны с комплексными добавками на основе холодноприготовленных битумных эмульсий имеют высокие

Таблица 1

Количество добавки, %	В/Ц	О.К., см	Предел прочности при сжатии, МПа	Марка по водонепроницаемости	Термоморозостойкость, циклы
—	0,43	3	36,3	W6	60+50
*	0,43	1	38,6	W6	60+75
0,15 ЛСТ	0,43	1	37,2	W8	60+250
0,015 СДО	0,43	1	31,7	W8	60+250
0,7 С-3	0,42	5	38,4	W8	60+250
1,5 эмульбит	0,43	3	36,1	W10	60+350**

* Ударная технология.

** Испытания были прекращены, хотя образцы не имели потери прочности

Таблица 2

Вид добавки	Прочность, МПа	Марка по водонепроницаемости	Водопоглощение, %
ХБЛ	30,0	W12	3,6
ХБГЛ	30,8	W10	3,8
ХБВ	32,0	W12	3,56
ХБГВ	31,1	W10	3,75
ХБС	33,5	W12	3,6
ХБГС	33,3	W10	3,6

характеристики для бетона класса В22,5 (табл. 2).

Эти данные показывают, что применение в бетонах новых комплексных добавок на основе холодноприготовленных битумных эмульсий позволяет получать бетоны с высокой долговечностью, термоморозостойкостью 60+500 циклов, водонепроницаемостью и низким водопоглощением.

Эта добавка состоит из мельчайших капелек битума, которые осаждаются на стенках пор и капилляров бетона, образуя гидрофобные покрытия и коьматирова их. В результате требуется значительный напор воды для проникания ее даже через самые большие капилляры в бетоне. Причем чем более однородна и стабильна эмульсия и меньше частицы битума в ней, тем больше эффект от ее использования. Добавка битумной эмульсии в 1,5 раза снижает испарение воды из бетона, что особенно важно в условиях сухого и жаркого климата, так как это уменьшает усадочные напряжения и сокращает образование трещин, резко увеличивая долговечность конструкций.

Таким образом, в условиях сухого и жаркого климата для обеспечения долговечности бетонных и железобетонных изделий и конструкций необходимо применение комплекса мероприятий. Это применение ударной технологии, введение в состав бетона пластифицирующих и воздухововлекающих до-

бавок, суперпластификаторов или битумных эмульсий. Наиболее эффективны в условиях сухого и жаркого климата новые комплексные добавки на основе холодноприготовленных битумных эмульсий, которые позволяют получать бетоны с высокой долговечностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основные тенденции развития бетона и железобетона в СССР за период 25—50 лет.— М.: НИИЖБ, 1975.— 36 с.
2. Миронов С. А., Малинский Е. Н. Основы технологии бетона в условиях сухого жаркого климата.— М.: Стройиздат, 1985.— 301 с.
3. Дмитриев А. С., Шевченко А. В. Бетон поверхностной гидроизоляции для безрулонной кровли // Бетон и железобетон.— 1988.— № 1.— С. 39—40.

Выйдут в свет:

Афанасьев А. А., Данилов И. И., Бучарг Г. *Технология монолитного бетона и железобетона: Учеб. для вузов.*— М.: Стройиздат, 1994.— 11 л.: ил.— 3 р. 50 к., 15000 экз.

Даны теоретические основы и практические положения по методам и средствам выполнения всех технологических этапов при возведении монолитных зданий и сооружений. Особое внимание уделено индустриализации технологических процессов, в том числе в экстремальных природно-климатических условиях, особенностям технологии при техническом перевооружении и реконструкции предприятий, обеспечению качества строительной продукции. Намечены пути дальнейшего совершенствования технологии монолитного бетона и железобетона.

Для студентов инженерно-строительных вузов.

Сизов В. П. *Рациональный подбор составов тяжелого бетона.*— М.: Стройиздат, 1992.— 12 л.: ил.— (Наука — строит. пр-ву).— 3 р. 90 к.

Излагается расчетно-экспериментальный метод проектирования составов всех видов и классов тяжелого бетона и бетонных смесей с заданными свойствами при наименьшем расходе цемента, а также методика экспериментальной проверки составов. Для облегчения расчета и ускорения подбора составов бетона разработаны номограммы, графики, таблицы для назначения всех необходимых параметров. Приведены основные теоретические положения, являющиеся основой метода проектирования составов бетона. Для научных и инженерно-технических работников заводских и строительных лабораторий, трестов, СМУ:

Коррозия арматуры в забивных сваях морских гидротехнических сооружений

Коррозия арматуры наиболее часто наблюдается в железобетонных конструкциях, расположенных в надводной части морских гидротехнических сооружений. Опыт их эксплуатации показывает, что практически все виды коррозии арматуры зависят от плотности поверхностного (защитного) слоя бетона. Имеются многочисленные примеры длительной службы сооружений без видимых признаков разрушения. Вместе с тем нередко наблюдается преждевременное разрушение в виде появления трещин, откола защитного слоя и т. п. Вынужденный ремонт таких конструкций производится в сложных, зачастую стесненных условиях эксплуатации сооружений, требующих водлазных работ, специальных плавательных средств и больших затрат труда. Стоимость ремонта в этих условиях иногда составляет 30...40 % стоимости изготовления и монтажа конструктивных элементов.

Из всех качеств защитного слоя бетона, влияющих на долговечность конструкций, следует выделить его проницаемость, т. е. способность пропускать через себя жидкости и газы. С проницаемостью связаны условия начала и скорость всех видов коррозии арматуры, от нее зависит количество агрессивных веществ, поступающих из внешней среды в бетон и к арматуре.

При изготовлении свай осуществляются технологические мероприятия, направленные на улучшение защитных свойств бетона (ограничение В/Ц, введение химических добавок и др.). Толщина защитного слоя составляет, как правило, не менее 40 мм. Специальные исследования доказывают, что сохранность арматуры при этом должна быть обеспечена. Однако продолжающиеся случаи коррозии свидетельствуют о том, что проблема гарантированного предупреждения коррозионных разрушений окончательно не решена. Это объясняется, с одной стороны, сложно-

стью физико-химических процессов, протекающих в поровом пространстве защитного слоя бетона и на поверхности арматуры, с другой — недостаточной изученностью работы бетона в условиях строительства и эксплуатации морских гидротехнических сооружений.

Была выдвинута гипотеза о том, что многочисленные случаи коррозии арматуры в забивных сваях обусловлены снижением защитных свойств бетона в результате действия значительных динамических напряжений при погружении свай.

Проведенные расчеты и эксперименты по определению динамических напряжений показали, что в сваях при забивке, как правило, действуют напряжения, превышающие 70 % призмочной прочности бетона, а применимость методов обусловлена возможностью погружения свай до проектных отметок без макроразрушений. Нормативные требования об ограничении напряжений, возникающие при забивке, введены без достаточных обоснований и, как правило, не выполняются. Установлено также, что имеются реальные возможности снижения динамических напряжений при сохранении производительности сваебойного оборудования.

Для изучения влияния параметров динамического воздействия на последующую сохранность арматуры в бетоне проводили эксперименты с использованием лабораторной установки, позволяющей создавать в опытных образцах ударные импульсы с контролем их основных параметров. Полученные в результате динамических воздействий микроразрушения оценивали ультразвуковыми и резонансными методами. Затем опытные образцы устанавливали в морскую воду (в полупогруженное состояние) и с помощью потенциостатических измерений контролировали изменение состояния арматуры. Через 20...180 сут образцы извлекали из раствора, разрушали и дополнительно оценивали состояние арматуры по площади и глубине корро-

зии. При проведении экспериментальных работ в широких пределах варьировали параметры динамических импульсов, а также другие факторы, оказывающие влияние на скорость коррозии арматуры: солесность морской воды, толщину защитного слоя, физико-механические свойства бетона, зависящие от состава и технологии изготовления, возраст бетона к моменту действия динамических нагрузок и длительность периода от действия динамических нагрузок до контакта с морской водой.

Границы варьирования перечисленных факторов принимали с учетом реальной практики строительства и имеющихся рекомендаций по защите арматуры от коррозии. Эксперименты проводили с применением математического планирования и последующей обработкой полученных результатов на ЭВМ.

Установлено, что для количественной оценки степени микротрещинообразования в бетоне при динамических воздействиях наиболее удобен резонансный метод определения динамического модуля упругости $E_{дин}$. Величина снижения $E_{дин}$ от динамических воздействий хорошо контролируется величиной коррозии арматуры при последующих испытаниях.

Результаты измерений $E_{дин}$ (рис. 1, 2) позволили установить, что наибольшее влияние на процесс микротрещинообразования в бетоне оказывает максимальное сжимающее напряжение ударного цикла $\sigma_{сж}^{max}$, влияние количества динамических воздействий в пределах $n \leq 1000$ менее заметно. Наибольшую долю поврежденный бетон получает в течение первых 10...15 ударных воздействий, далее процесс замедляется; только начиная с $\sigma_{сж}^{max} = 0,7 R_{пр}$ микротрещинообразование носит прогрессирующий характер и при увеличении числа воздействий. Эти данные хорошо согласуются с результатами измерения величин коррозии арматуры после приложения динамических воздействий. Влия-

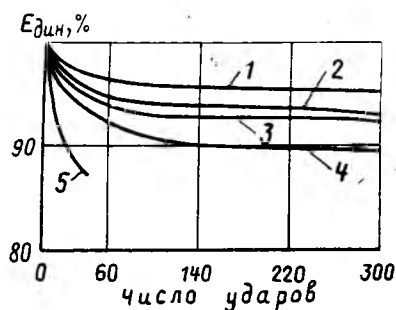


Рис. 1. Снижение динамического модуля упругости ($E_{дин}$) в процессе приложения ударных воздействий

1 — $\sigma_{дин}=0,3R$; 2 — $\sigma_{дин}=0,5R$; 3 — $\sigma_{дин}=0,4R$; 4 — $\sigma_{дин}=0,6R$; 5 — $\sigma_{дин}=0,7R$;

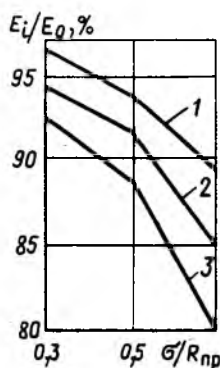


Рис. 2. Зависимость снижения $E_{дин}$ от максимального значения $\sigma_{дин}$

1 — $t=40$ с; 2 — $t=80$ с; 3 — $t=120$ с

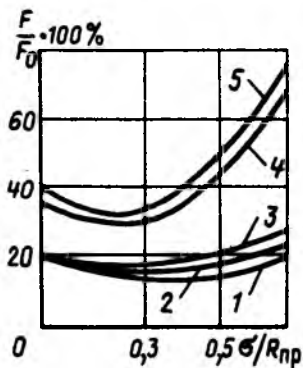


Рис. 3. Зависимость величины коррозии арматуры от $\sigma_{дин}$ (состав без добавок)

1 — $NaCl=0$, $t=40$ с; 2 — то же, $t=80$ с; 3 — то же, $t=120$ с; 4 — $NaCl=4\%$, $t=80$ с; 5 — $NaCl=8\%$, $t=80$ с

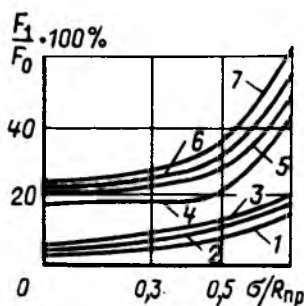


Рис. 4. Зависимость величины коррозии арматуры от $\sigma_{дин}$ (состав с добавкой $NaNO_2$)

1...4 — см. рис. 3; 5...7 — $NaCl=8\%$, $t=40, 80, 120$ с

ние $\sigma_{сж}^{max}$ на скорость коррозии проявляется, начиная с $0,3...0,4 R_{пр}$ при использовании составов бетона без добавок или с $0,5 R_{пр}$ в бетонах с воздухововлекающими добавками и добавками-ингибиторами коррозии (рис. 3, 4).

Число динамических воздействий в пределах $50...1000$ практически не влияет на величину коррозии. Из других факторов наибольшую значимость имеет солёность воды. Скорость коррозии значительно увеличивается при изменении солёности от 0 до 4%. В интервале изменения $4...8\%$ влияние на скорость коррозии менее заметно. Влияние динамических воздействий на скорость коррозии арматуры проявляется сильнее при увеличении солёности воды ($0...4\%$). В пресной воде это мало заметно, особенно для бетона с добавками, и наблюдается только при $\sigma_{сж}^{max}=0,6...0,7 R_{пр}$.

В реальной практике от момента изготовления свай до их погружения проходит $2...3$ мес. При этом структурные характеристики бетона зависят, в основном, от градусо-

приложения динамической нагрузки $\sigma_{дин}^{max}$, равной $0; 0,3; 0,5; 0,7 R_{пр}$ сразу помещали в 4%-ный раствор $NaCl$ для определения влияния указанных факторов на скорость коррозии арматуры.

Установлено, что в ненагруженных образцах скорость коррозии снижается при увеличении возраста бетона от 1 до 15 сут. Нагружение при $\sigma_{сж}^{max}=0,3 R_{пр}$ привело к снижению величины коррозии в возрасте бетона 1 сут и не повлияло на нее в более зрелом бетоне. Нагружение при $\sigma_{сж}^{max}=0,7 R_{пр}$ во всех случаях усилило коррозию по сравнению с ненагруженными. Характерно, что при этой нагрузке с возрастом бетона коррозия увеличивается. Это объясняется, очевидно, наибольшей скоростью залечивания «молодого» бетона в процессе испытания образцов в растворе.

В проведенных экспериментах изучали влияние процесса залечивания бетона на скорость коррозии арматуры в последующем. Опытные образцы после динамического нагружения выдерживали в нормальных условиях $0...15$ сут и затем устанавливали в морскую воду. При этом возраст бетона до нагружения составлял 1 или 15 сут, считая, что в «молодом» бетоне процесс залечивания будет протекать более интенсивно. Образцы в возрасте более 15 сут не испытывали, поскольку в предыдущих исследованиях установлено, что разница в возрасте $15...45$ сут практически не влияла на процесс коррозии.

Нагружение производили при $\sigma_{сж}^{max}$, равном $0,5$ и $0,7 R_{пр}$. Динамический модуль упругости измеряли до и после динамических воздействий, а также после выдерживания образцов в нормальных условиях перед их установкой в раствор.

Результаты измерений динамического модуля упругости и величины коррозии (см. таблицу) показали, что бетон быстро восстанавливает структуру после динамических воздействий при $\sigma_{сж}^{max}=0,5...0,7 R_{пр}$. Через 7 сут после действия нагрузки при $\sigma_{сж}^{max}=0,5 R_{пр}$ динамический модуль упругости на $6...14\%$ выше, чем в контрольных (ненагруженных) образцах в эквивалентном возрасте. К 15 сут рост модуля прекратился, однако его значение выше, чем в контрольных образцах. Это свидетельствует о том, что динамическое воздействие в данном случае при последующем выдержи-

$\frac{\sigma_{сж}^{max}}{R_{пр}}$	Возраст бетона до нагружения, сут	$\frac{E_t}{E_0} \cdot 100\% / \frac{F_t}{F_0} \cdot 100\%$ при выдерживании после нагружения, сут		
		0	7	15
0	1	100/50	108/40	112/35
	15	100/35	102/35	103/35
0,5	1	86/35	114/25	117/25
	15	84/45	116/30	115/30
0,7	1	70/60	102/35	108/30
	15	82/70	98/45	101/35

часов, которые набрал бетон к данному моменту. Термовлажностный режим и длительность хранения бетона являются важными факторами, определяющими физико-механические характеристики и стойкость бетона при различных неблагоприятных воздействиях. Учитывая, что этот фактор может повлиять и на повреждаемость структуры бетона при динамических воздействиях, проводили специальное исследование, в котором изготовленные и пропаренные образцы выдерживали в нормальных условиях $1...45$ сут и затем после

вании в нормальных условиях повысило упругие и прочностные свойства образцов.

При $\sigma_{сж}^{max} = 0,7 R_{пр}$ динамический модуль полностью восстановился в течение 7 сут. Однако его значение в этом случае несколько ниже, чем в контрольных образцах, как после 7, так и после 15 сут выдерживания. Последнее подтверждает, что нагружение при $\sigma_{сж}^{max} = 0,7 R_{пр}$ привело к необратимым микроразрушениям, которые в последующем полностью не залечиваются.

Данные измерений динамического модуля упругости в определенной степени коррелируются с величиной коррозии арматуры. Во всех случаях выдерживание образцов в нормальных условиях после приложения динамических воздействий снизило скорость коррозии арматуры в последующем. Приведенные данные показывают, что влияние динамических воздействий при $\sigma_{сж}^{max} = 0,7 R_{пр}$ в этом случае не проявляется. Более того, в образцах, нагружаемых до $\sigma_{сж}^{max} = 0,5 R_{пр}$, наблюдается несколько меньшая величина коррозии, чем в ненагруженных. Это свидетельствует о том, что в процессе залечивания микродефектов, полученных при нагружении, возможно образование структуры бетона, обладающей лучшими защитными свойствами по сравнению с исходной.

Применительно к забиваемым сваям можно сказать, что ограничивать динамические напряжения по условию коррозии в этом случае не требуется. Однако в практике строительства морских гидротехнических сооружений такие условия возникают редко. В большинстве случаев погружение свай происходит в контакте с морской водой, поэтому предлагается способ защиты арматуры от коррозии путем окраски или обмазки водонепроницаемым составом участка свай, попадающего при забивке в переменный горизонт воды. Сохранность состава должна быть не менее 15 сут.

При максимально возможной скорости миграции хлор-иона к опасной зоне (с учетом повышения проницаемости бетона от действия динамической нагрузки) общая длина защищаемой зоны должна составлять около 3 м (1 м — выше, 2 м — ниже уровня воды).

При проведении экспериментальных работ параллельно испытывали образцы с защитным слоем 17,5 и

45 мм. Установлено, что для составов бетона, сходных с применяемыми при изготовлении свай, толщина защитного слоя 17,5 мм недостаточна, в том числе и в ненагруженных образцах. При 45 мм получена высокая сохранность арматуры в ненагруженных образцах, что подтверждает правильность назначения толщины защитного слоя бетона в сваях. При этом продолжительность испытаний в морской воде была увеличена до 6 мес. Динамические воздействия при $\sigma_{сж}^{max} = 0,5 R_{пр}$, как правило, не приводят к депассивации арматуры в указанный срок. При $\sigma_{сж}^{max} = 0,7 R_{пр}$ в большинстве случаев зафиксировано увеличение коррозии. С удлинением времени нахождения образцов в растворе значительно повышается разброс получаемых данных. Например, в одном из трех образцов-близнецов, нагруженных при $\sigma_{сж}^{max} = 0,7 R_{пр}$, следов коррозии не обнаружено, хотя потенциостатические измерения указывали на значительную депассивацию арматуры. В двух других образцах площадь коррозии составляла соответственно 5 и 40 %. В последнем образце был участок с глубиной коррозии до 0,3 мм.

На наш взгляд, рассмотрены наиболее значимые факторы, позволяющие регламентировать параметры погружения свай в зависимости от конкретных условий производства. На процесс коррозии арматуры в бетоне, безусловно, влияют и другие, например, вид стали, В/Ц и другие параметры бетонной смеси, режим термовлажностной обработки бетона, температурный режим в процессе эксплуатации свай и др. Механизм влияния этих факторов хорошо изучен и учитывается при изготовлении свай. Они могут в определенной степени сгладить или усилить действие нагрузки, но не меняют характер полученных зависимостей.

Выводы

Применяемое в настоящее время сваебойное оборудование и принятая технология забивки свай создают динамические напряжения, которые нарушают структуру бетона и снижают его защитные свойства по отношению к арматуре. Для повышения сохранности арматуры в железобетонных сваях морских гидротехнических сооружений необходимо ограничить максимальные сжимающие напряжения, возникающие при забивке $0,5 R_{пр}$ при обязательном использовании для

бетона добавок-ингибиторов коррозии арматуры, а также воздухововлекающих добавок. Выполнение предложенного ограничения возможно при использовании для забивки свай тяжелых молотов, а также специальных наголовников, позволяющих регулировать параметры ударного импульса.

При отсутствии сваебойного оборудования, позволяющего выполнить предложенное ограничение, необходимо применять подмыв, электроосмос и другие способы, позволяющие вести погружение при сниженной высоте падения ударной части молота.

При использовании новых методов (механизмов) для погружения свай состояние бетона в процессе их погружения можно оценить с помощью ультразвуковых или резонансных измерений. Снижение скорости ультразвукового импульса не должно превышать 30...40 м/с, а динамического модуля упругости 7...10 %.

БЕССВАРНОЙ КОНТАКТНЫЙ СТЫК КОЛОННЫ С АРМАТУРОЙ ВИНТОВОГО ПРОФИЛЯ

Устройство стыка позволяет соединять колонны с несоосным расположением арматуры, применять высокопрочную сталь, а в результате получать (из расчета на один стык):

- экономию металла до 20 кг
- снижение трудозатрат при изготовлении и монтаже колонн до 3 чел.-ч
- общий экономический эффект 5...10 р.

Для изготовления колонн применяется стандартное заводское оборудование.

Разработчик — НИИЖБ Госстроя СССР (109428, Москва, 2-я Институтская, 6, тел.: 174-88-53, 174-77-08) на основе хозяйственного договора с заказчиком оказывает помощь при изготовлении, испытании и монтаже колонн с передачей научно-технической документации.

Содержание журнала «Бетон и железобетон» за 1991 год

Передовые статьи

К юбилею ведущего строительного вуза страны	11,	2
Иванов Ф. М. Железобетон и окружающая среда	10,	2
Серых Р. Л. О некоторых итогах выполнения государственной научно-технической программы «Стройпрогресс-2000»	12,	2
Толорая Т. Ф. О концепции создания автоматизированного производства сборного железобетона	4,	2

Экономия ресурсов

Асланова Л. Г., Рогатин Ю. А., Нефедова Л. А., Неметаллическая арматура — крупный резерв экономии стали в строительстве	12,	4
Бубело В. В., Тимофеев В. М., Паршинцев Н. В., Кумлан В. П., Дейграф В. Д. Разработка и внедрение многомерного управления ТВО бетона	8,	12
Ежов В. Б., Колпацникова Е. Т. Пути экономии цемента в заводской технологии	5,	2

Проблемы заводской технологии железобетона

Бочаров Н. А., Россовский В. Н., Кузнецова Т. В., Никонова Н. С., Митюшин В. В., Матюхина О. Н. Особенности раздельного приготовления бетонных смесей	4,	16
Волков Л. А., Пашков В. Н., Прохоров Н. В. Цехи по производству крупнопанельных конструкций зданий	4,	7

Габля Ю. А., Румянцев С. Г. Изготовление изделий методом напорного бетонирования

Горелик Г. Л., Тейтельбаум А. М., Харитоновна Е. А., Казадаева И. А. Новые виды высокопрочной проволоки для производства железобетонных шпал	4,	29
Ермаков Г. И., Ровинский М. А. Передовая технология арматурных работ	4,	26
Ли В. А., Смирнов О. В. Литевая технология вертикального формования изделий	4,	9
Михайлов И. П., Данилов В. И., Кандауров Б. Н., Власов Ю. А. Унифицированные технологические решения для конструкций промышленных и сельскохозяйственных зданий	4,	14
Объезденко Г. А., Трембицкий С. М. Эффективные тепловые методы интенсификации твердения бетона	4,	11
Олехнович К. А., Виноградов Ю. И., Нестеренко Н. П. Виброплощадки для конвейерных линий	4,	18
Подлесных В. А., Мельников М. М. Совершенствование технологии раскроя стержневой арматурной стали	4,	27
Ратников И. А., Олефиренко Л. Г., Ширинский А. В. Автоматизированный прирельсовый склад цемента	4,	24
Толорая Д. Ф., Синева Е. А., Гусев Б. В., Будников А. И., Прохорцев О. А. Перспективы развития виброформовочного оборудования	4,	20
Цыро В. В., Барехов А. И., Соколов В. А., Шастун В. Н., Сохряков В. И. Применение кассетно-конвейерных линий при реконструкции заводов КППД	4,	4

Конструкции

Алиев Г. С., Арсланбеков М. М., Хайдуков Г. К., Соколов Б. С. Шатровые панели перекрытий крупнопанельных жилых домов с уменьшенным армированием	7,	5
Айвазов Р. Л., Лапицкий И. В. Сборное перекрытие, опертое по контуру и работающее с поперечным распором	11,	7
Барашиков А. Я., Асадов С. Б. Прочность и деформативность комбинированных крупнопанельных стен	8,	4
Бердичевский Г. И., Будюк В. Д., Тур В. В. Самонапряженные сборно-моноклитные конструкции перекрытий	1,	7
Бужевич В. Г. Трещиностойкость преднапряженных внецентренно сжатых элементов двутаврового сечения	3,	2
Вайсман Э. Л., Валь Е. Г., Коревкин В. С., Кузми-нер Н. Я. Предельное состояние платформенных стыков в панельных системах с нерегулярными проемами	2,	2

Вольфф Р., Мисселер Х.-И. Преднапряженные бетонные конструкции с арматурой из стекловолокнистого композиционного материала	2,	5
Галустов К. З., Абаджян К. А., Павлов А. Б. Железобетонные наплавные блок-модули тепловых электростанций	1,	4
Гамбаров Г. А., Абулов А. Б. Сталебетонная панель покрытия размером 3×18 м с полкой из гибкой железобетонной плиты	1,	2
Головин Н. Р., Набатников А. М. Совершенствование армирования многопустотных плит перекрытий	11,	5
Гришечкин А. И. Опыт применения 19-проволочных канатов в преднапряженных конструкциях	7,	4
Додонов М. И., Хормиз Н. Д. Прочность моноклитных плит по стальным профилированным настилам при локальных нагрузках	5,	8
Иссерс Ф. А., Авраими Д. Г., Молотков И. А. Стыковые сопряжения сборных цилиндрических силосов	8,	2
Иссерс Ф. А., Вершинина Н. И., Палагин Н. Г. Исследование совместной работы объемно-блочных стен силосов с безболтовыми стыками	1,	9
Ищенко А. А., Баранович С. С. О проблеме сохранности качества сборных строительных конструкций при транспортировании спецавтотранспортом	7,	7
Кархут И. И., Гавриляк А. И., Лучко И. И. Сталебетонные элементы с рифленой арматурой	10,	12
Клевцов В. А., Коревицкая М. Г., Баронас Р. П., Ре-вентас А. П. Жесткость диска покрытия при натуральных испытаниях производственного здания	10,	14
Клименко Ф. Е., Храмов В. П., Лисоцкий Р. В. Складчатые сборно-моноклитные купола	6,	2
Лемьш Л. Л. Перераспределение и регулирование усилий в рамных каркасах многоэтажных зданий	5,	5
Лившиц Е. Д., Фридман М. М. Оптимальная конструкция столчатых фундаментов	9,	4
Людковский А. М., Сулягин А. Е., Манвелов А. С. Натурные испытания железобетонного мембранного покрытия	12,	6
Немчинов Ю. И., Галич В. Д., Марьенков Н. Г., Юлдашев А. М., Камбаров Д. С. Испытания сводчатого сельскохозяйственного здания на динамические нагрузки	7,	2
Попов Н. Н., Чарьев М. Разрушение железобетонных балок со смешанным армированием при динамических нагрузках	11,	4
Розенберг М. Я., Багашвили Э. Ш. Работа ригеля каркаса первого этажа многоэтажного панельного здания	5,	3
Скоробогатов С. М., Бочагов В. П. Легкобетонные плиты с внешним листовым армированием	6,	4
Соскин Г. М., Карпов А. Н., Погорелов Б. А., Черягин А. И., Хасанов Х. А. Прочность фибробетонных водопропускных труб	1,	14
Шевченко Б. Н., Хусанов Э., Тарик К. Ю., Шевченко С. Б. Напряженное состояние преднапряженных балок при высоких уровнях повторного нагружения	1,	11
Янкевич М. А., Гельман Л. П., Рубач О. М., Завгородний С. И., Шапиро А. В. Исследования подстропильных балок с подрезкой на опорах	8,	6
Янкевич М. А., Либерман А. Д., Рубач О. М., Завгородний С. И. Исследования сегментной фермы пролетом 24 м из бетона на ВНВ	9,	2

Бетоны

Асанбеков Х. А., Франковский Л. В. Влияние массообменных процессов на формирование структуры бетонов при ТВО	9,	8
Баженов Ю. М., Аносова Г. В., Еворенко Г. И. Повышение эффективности бетона добавкой модифицированных лигносульфонатов	11,	10
Батраков В. Г., Файнер М. Ш. Ресурсосберегающий эффект модификаторов бетона	3,	3
Батраков В. Г., Фалишман В. Р., Калмыков Л. Ф., Лукашевич В. И. Пластификатор для бетонов на основе тяжелых смол пиролиза	9,	6
Беньков В. Н., Сергеева Е. С. Влияние температуры и времени на напряжения в замороженном бетоне при термоциклировании	10,	7

Волженский А. В., Чистов Ю. Д. О перспективах дальнейшего развития производства экономичных бетонов	2,	10
Ганага П. Н., Ареф Х., Бирюков А. Г. Влияние возраста бетона на прочность и жесткость балок	1,	20
Гусев Б. В., Васильев В. Г., Тойшибаев Н. К. Активность цементного камня, обработанного гидродинамическим методом	6,	10
Зайцев Ю. В., Ковлер К. Л., Иванов И. А., Макридин Н. И., Клочков А. П. Особенности разрушения легких бетонов класса В15 на смешанном мелком заполнителе	7,	9
Калеев И. П., Алимов Л. А., Воронин В. В. Перспективы повышения эффективности малоцементных бетонов	11,	13
Коровяков В. Ф., Ферронская А. В., Чумаков Л. Д., Иванов С. В. Быстротвердеющие композиционные гипсовые вяжущие, бетоны и изделия	11,	13
Малинский Е. Н., Мирзаев Ш. Р. Гелиотермообработка конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона	1,	16
Митрофанов В. П., Довженко О. А. Развитие деформационной анизотропии бетона при осевом сжатии	10,	9
Наназашвили В. И., Германский Г. И. Монолитные покрытия пола повышенной эксплуатационной стойкости на основе ВНВ, модифицированного полимером	3,	6
Наназашвили И. Х. Древесно-цементные композиты на основе ВНВ	12,	15
Нисаев И. П., Грудинский В. И. Подбор оптимальных составов грунтобетонных смесей	8,	10
Объезденко Г. А., Шифрин Е. И. Математическая модель гидратации цемента и эффективные режимы ТВО бетона	12,	9
Орентлихер Л. П., Первушин Г. Н. Влияние состава и структуры на трещиностойкость керамзитобетона	11,	11
Прокопович И. Е., Кобринец В. М., Половец В. И., Твардовский И. А. Влияние режима приложения сжимающей нагрузки на длительное сопротивление бетона	6,	6
Прокопович И. Е., Кобринец В. М., Твардовский И. А. Выбор коэффициентов условий работы тяжелого бетона γ_{62} при учете всех нагрузок	7,	11
Путляев И. Е., Курбатова И. И., Желевакова Н. С. Оптимизация свойств легкого бетона аминоксодержащими полимерными добавками	10,	4
Сахаров Г. П., Скориков Е. П., Пшеничников А. Б., Салимгареев Ф. М. Учет масштабного фактора при оценке однородности прочности и плотности бетона	12,	12
Семенов П. П. Оценка прочности и деформативности бетонов различных видов	10,	6
Свиридов Н. В., Коваленко М. Г., Чесноков В. М. Механические свойства особо прочного цементного бетона	2,	7
Сизов В. П. Прочность бетона на ВНВ	12,	14
Симоненко Л. И., Стамбулко В. И. Суперпластификатор на основе полиэлектролитных комплексов	11,	18
Спивак Н. Я., Стронгин Н. С., Рузиев Х. Р. Особенности проектирования состава керамзитобетона для однослойных панелей наружных стен в условиях жаркого климата	5,	9
Хольмянский М. М., Курилин В. В., Еднерал А. Ф. Сталефибробетон с аморфной фиброй	6,	9
Чистов Ю. Д. Особенности технологии и свойства бетонов на мелких песках без крупного заполнителя	11,	15

Арматура и закладные детали

Лазарев А. Д., Фейгин Э. М. Снижение напряжений при остывании арматуры, напрягаемой электромеханическим способом	9,	11
Мамедов Т. И. Релаксация напряжений высокопрочной проволочной арматуры при повышенной температуре	3,	7
Петрик В. М. Малоцикловая долговечность арматурной стали при асимметрических нагружениях	1,	27
Рахманов В. А., Коневский В. П., Папу В. Н. Малоцикловая прочность сварных закладных деталей при действии сейсмических нагрузок	2,	12
Чистяков Е. А., Бейсембаев М. К. О расчетном сопротивлении сжатию высокопрочной арматуры	6,	12
Шапиро И. С., Фридман А. М., Потопов А. Н. Снижение металлоемкости в сварных закладных изделиях при сварке под флюсом	3,	8

Заводское производство

Андрейченко А. В., Васильев Б. Т., Шахпендерян Э. О., Заседателей И. Б., Шифрин С. А. Особенности теплолажностной обработки изделий в гидроаэроциркуляционных камерах	7,	17
Бойко Б. Р. Совершенствование кассетно-конвейерного производства	2,	14
Бочаров Н. А., Гусев Б. В. Надежность технологической системы производства железобетонных изделий	10,	17
Брейтман Э. М. Метрологическое обеспечение производства сборного железобетона	6,	13
Волков Л. А. Новое оборудование для заводов КПД	1,	22
Гладков Д. И., Ерохина Л. А., Загороднюк Л. Х. Виброракумная технология ячеистых бетонов	9,	13
Ежов В. Б., Курипель В. Х. Преднапряженные панели из ячеистого бетона для жилищного строительства	7,	13
Завойский А. К., Шаврин В. И. Новая технологическая линия с напольными кассетами	3,	10
Кагнер А. З., Лорман А. Т. Вибрационный грохот	7,	15
Казарин С. К., Жариков В. В. Новое оборудование для распалубки бетонных труб	6,	16
Кононенко А. Е., Шныпко С. Д. Глушители шума машин контактной сварки	9,	14
Лорман А. Т. Установка для формирования объемных блоков шахт лифтов	10,	20
Минаков Ю. А., Данилов Н. Н., Наумов С. Н. Технология возведения фундаментов в низковольтных термоактивных блок-формах	1,	24
Митник Г. С., Бруссер М. И., Цветков И. Л., Нагорняк И. Н. Новая форма для изготовления контрольных кубов бетона	3,	12
Мотин А. В., Игошин Г. И. Технологическая линия по производству тонкостенных преднапряженных изделий	10,	18
Роголин В. В., Цымбаленко А. Г., Симонова И. Н. Трехслойные стеновые панели с комбинированным армированием	7,	14
Рожнов А. В. Стендовое формовочное оборудование Степаненко В. В., Хазин О. А., Чирков Ю. Б., Мешков А. Н., Хворова Р. Н. Многофункциональная добавка ЛТМ в бетоны и растворы	12,	18
Хасанов М. Ю., Фролова Л. В. Замкнутые монтажные петли для подъема железобетонных изделий	6,	18
	8,	14

Строительное производство

Арбеньев А. С., Рошупкин Н. П. Виброэлектробетонирование на стройплощадке	2,	19
Арбеньев А. С. Совершенствование устройств по непрерывному электронагреву смеси	3,	13
Белоусов О. В., Мамбеталиев Н. Т. Торкрет-технология радиопоглощающего бетона	11,	20
Дьяченко С. С., Федоров А. А., Каминский В. Ф., Вержановская Е. В. Применение пластификатора СФС в качестве противоморозной добавки для бетона	5,	11
Клецов В. А., Коревицкая М. Г., Матвеев Ю. К. Применение неразрушающих методов испытаний при обследовании монолитных конструкций	7,	19
Красновский Б. М., Долгополов Н. Н., Загреков В. В., Суханов М. А., Лореттова Р. Н. Твердение бетонов на ВНВ при отрицательных температурах	2,	17
Крылов Б. А., Дедюхов А. А. Натурные исследования твердения бетона сваи в зимнее время	10,	22
Легалов И. Н. Повышение качества цементных литых смесей с химически активным адсорбентом	2,	20

В помощь проектировщику

Васильев А. П., Горикова В. М., Лазовский А. Н. Работа профилированного настила в нормальном сечении монолитных плит с комбинированным армированием	8,	16
Габрусенко В. В. К расчету поясов решетчатых балок на поперечную силу	12,	22
Залесов А. С., Прудников В. П. Прочность железобетонных балок постоянной и переменной высоты с опорами на разных уровнях	9,	20
Залесов А. С., Фрейфельд А. В., Старчевский А. В. Расчет объемных железобетонных коротких консолей	7,	23
Залесов А. С., Шарипов Р. Ш., Гулалеев С. Х. Анкерка продольной арматуры балок на свободных опорах	3,	19

<i>Кодыш Э. Н.</i> Нормирование выгибов сборных конструкций от усилий предварительного обжатия	2,	26
<i>Краковский М. Б., Якубович А. Н.</i> Надежность изгибаемых железобетонных элементов таврового сечения	8,	15
<i>Краснощечков Ю. В., Мрачковский Л. И.</i> Работа ребристых плит в сборных железобетонных настилах . . .	1,	28
<i>Краснощечков Ю. В., Мрачковский Л. И.</i> Резервы прочности решетчатых балок, работающих совместно с плитами покрытия	2,	22
<i>Лемьш Л. Л.</i> Расчет железобетонных конструкций с использованием полных диаграмм бетона и арматуры	7,	21
<i>Лычев А. С.</i> Вероятностно-экономическая оптимизация железобетонных конструкций	2,	25
<i>Морозов А. Н.</i> Расчет прочности газобетонных конструкций на действие поперечных сил	5,	13
<i>Нурмаганбетов Е. К.</i> Определение прочности изгибаемых стержневых железобетонных элементов по нормальным сечениям	3,	18
<i>Нурмаганбетов Е. К.</i> Поперечный изгиб стержневых железобетонных элементов	9,	16
<i>Паньшин Л. Л., Залесов А. С.</i> Определение контрольных нагрузок при испытаниях конструкций нагружением	6,	20
<i>Пирадов А. Б., Мгеладзе Г. Г.</i> Развитие нормальных трещин в изгибаемых балках из легкого бетона	3,	15
<i>Свиридов Н. В., Коваленко М. Г., Чесноков В. М.</i> Прочность и деформативность железобетонных элементов из особопрочного бетона	12,	19
<i>Смирнов С. Б., Залесов А. С., Ордобаев Б. С.</i> Расчет прочности железобетонных стен и диафрагм методом однородных полей	6,	22
<i>Соломатов В. И., Федоров В. С., Жуков В. В.</i> Прогнозирование огнестойкости строительных конструкций	2,	23
<i>Старшико И. Н.</i> Работа продольной арматуры в наклонной трещине	5,	15
<i>Тихонов И. Н.</i> Расчет сечений железобетонных элементов при действии кратковременных динамических нагрузок	9,	18
<i>Фролов А. К., Кондратьев В. А., Башир Г.</i> Перераспределение усилий в неразрезных плитах покрытий	11,	22
<i>Шевченко Б. Н., Хусанов Э., Тарик К. Ю., Шевченко С. Б.</i> Жесткость и трещиностойкость преднапряженных балок при повторных нагрузках высокого уровня	3,	16

Теория

<i>Байков В. Н.</i> Взаимосвязь диаграммы прочности двухосного сжатого бетона и характеристик $\sigma - \epsilon$ при одноосном сжатии и растяжении	11,	24
<i>Забегаяев А. В., Сизов Ю. В.</i> К расчету колонн на аварийные ударные воздействия	11,	27
<i>Карпенко Н. И.</i> Связи между напряжениями и деформациями бетона при трехосном растяжении	6,	25
<i>Узун И. А.</i> Реализация диаграмм деформирования бетона при однородном и неоднородном напряженных состояниях	8,	19
<i>Холмянский М. М., Курилин В. В., Ерин Н. Н., Зальцман А. С.</i> Расчет сталефибробетонных элементов на чистый изгиб	3,	22

Долговечность

<i>Алмазов В. О., Старушко О. В.</i> Влажностные деформации бетона с добавками при циклических замораживаниях и оттаиваниях	11,	29
<i>Гончаров А. А., Аль Хамауи М.</i> Коррозия арматуры в забивных сваях морских гидротехнических сооружений	12,	25
<i>Кравченко Т. Г.</i> Электрохимическая защита железобетона	10,	27
<i>Кривошеев П. И., Вознесенский Л. Ф., Кретов В. И., Чемер А. В., Козодой О. А.</i> Влияние температурных климатических воздействий на трещиностойкость коробчатых настилов воздухопроводов	8,	21
<i>Орентлихер Л. П., Новикова И. П., Лифанов И. И., Юрченко Э. Н.</i> Способы оценки влияния поверхностной гидрофобизации бетона и модифицирующих его структуру добавок	2,	28
<i>Сетков В. Ю., Шибанова И. С., Рысева О. П.</i> Срок службы монолитных железобетонных перекрытий промзданий в среде, содержащей хлор	9,	27

<i>Шевкунов А. И., Дмитриев А. С.</i> Повышение долговечности бетона путем применения комплексных добавок	12,	23
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----	----

В помощь заводским лабораториям

<i>Касимов И. К., Тулаганов А. А., Абдукамилов Ш. Т.</i> Особенности получения арболита на основе гуза-паи	5,	20
<i>Малахова А. Н., Матков Н. Г., Локотков М. Б.</i> Автоматизация экспериментальных исследований железобетонных конструкций	10,	25

Использование промышленных отходов

<i>Аронов Б. Л.</i> Измерительно-технологический комплекс «Рapid-Прогноз—16»	9,	23
<i>Дворкин Л. И., Мироненко А. В., Орловский В. М., Пресман И. Г.</i> Золощелочные бетоны	5,	18
<i>Каприелов С. С., Булакова М. Г., Вихман Я. Л.</i> Деформативные свойства бетонов с использованием ультрадисперсных отходов Ермаковского завода ферросплавов	3,	24
<i>Хамзин С. К.-У., Смаилов К. З.</i> Основные направления реализации отходов производства Казахстана	9,	25

В порядке обсуждения

<i>Берг П. А., Янцен Т. Г.</i> Уплотнение бетонной смеси центрифугированием	8,	23
<i>Власов В. К.</i> Об истинном В/Ц бетона и водопотребности заполнителя	3,	28
<i>Сизов В. П.</i> О внедрении смесителей СА-400/500	3,	26
<i>Сизов В. П.</i> О кластерах в технологии бетона	7,	26

Стандарты и нормативные документы

<i>Вайнер Я. Г.</i> О неудачном переходе на классы бетонов	5,	23
<i>Коришунов Д. А.</i> О защите арматуры бетоном	9,	29

Вопросы экономики

<i>Агаджанов В. И.</i> Методика определения экономической эффективности обследования и усиления конструкций	10,	29
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----	----

Нам пишут

<i>Алексеев В. Н., Кузовкин В. И.</i> Универсальный стенд для испытаний строительных конструкций	6,	29
<i>Нурмиев Г. Н.</i> Усадьбные дома из монолитного газозолотетона	7,	25

Информация

<i>Батраков В. Г., Трамбовецкий В. П.</i> Суперпластификаторы в бетоне	2,	30
<i>Булакова М. Г., Семагин А. Т.</i> Международная конференция по защите бетона	6,	28
<i>К 90-летию В. В. Михайлова</i>	6,	30
<i>Митник Г. С.</i> Семинар по формам для производства сборного железобетона	7,	27
<i>Памяти С. Н. Алексеева</i>	12,	31
<i>Серых Р. Л., Чистяков Е. А., Крамарь В. Г.</i> 27-я пленарная сессия Европейского комитета по бетону	5,	24
<i>Скоробогатов С. М.</i> Сессия национального комитета ФИП	5,	25
<i>Соколов И. Б., Гузеев Е. А., Логунова В. А.</i> «Предсо-90»	8,	26

Зарубежный опыт

<i>Динг Дажун.</i> Развитие бетона и железобетонных конструкций в Китае	5,	27
<i>Дун Цзинь-дао.</i> Крупнопористый керамзитобетон, используемый в строительстве многоэтажных жилых домов	8,	28
<i>Маргайлик Е. Г.</i> Укапываемый бетон	7,	29
<i>Соловьев Г. К., Трамбовецкий В. П.</i> Системы крепления защитно-декоративных штучных материалов	5,	28

Библиография

<i>Айрапетов Г. А.</i> О новой книге	3,	30
<i>Иванов Ф. М., Подвальный А. М.</i> Неудачное издание	7,	28
<i>Хайдуков Г. К.</i> Новая книга	1,	30

ПАМЯТИ С. Н. АЛЕКСЕЕВА (1919—1991)

Ушел из жизни крупнейший специалист в области коррозии и защиты строительных конструкций профессор, доктор технических наук, лауреат Государственной премии СССР Сергей Николаевич Алексеев.

В течение ряда лет С. Н. Алексеев возглавлял Центральную лабораторию коррозии НИИЖБа. Научные интересы С. Н. Алексеева распространялись на проблемы защиты от коррозии стальной арматуры в бетонах различных видов в железобетонных конструкциях. Им выполнены основополагающие работы по теории и практике защиты железобетонных конструкций в агрессивных средах, развит кинетический подход к изучению процессов коррозии, разработаны методы прогнозирования долговечности железобетонных конструкций.

Впервые в стране под его руководством выполнены исследования защитных свойств бетонов разных видов, процессов коррозионного растрескивания высокопрочных видов арматуры для предварительно напряженных конструкций, разработаны методы защиты стали в ячеистых бетонах, принципы защиты стали в легких бетонах, иссле-

дованы вопросы коррозии стальной арматуры в железобетонных конструкциях с трещинами, разработаны способы защиты стальных закладных деталей и связей сборных железобетонных конструкций. Выполнены исследования коррозии стали в бетоне под воздействием электрического тока.

Под руководством С. Н. Алексеева разрабатывались нормы проектирования защиты строительных конструкций от коррозии, многие отечественные, ряд международных стандартов и других нормативных документов.

С. Н. Алексеев имел постоянные связи с производством, систематически участвовал в экспертизе коррозионного состояния строительных конструкций зданий и сооружений различного назначения.

Все разработки С. Н. Алексеева находили применение в практике строительства, внедрены на заводах железобетонных конструкций, при строительстве различных объектов, на металлургических заводах при производстве новых видов арматуры.

Сергеем Николаевичем Алексеевым создана научная школа в области за-

щиты стальной арматуры от коррозии, подготовлено большое число высококвалифицированных специалистов. Все свои знания и опыт С. Н. Алексеев обобщил в монографиях, опубликованных в нашей стране и переведенных на английский, немецкий, китайский языки и являющихся настольными книгами специалистов, занимающихся проблемой коррозии железобетона.

Организатор и участник Всесоюзных и международных научно-технических конференций по защите от коррозии, С. Н. Алексеев имел рабочие контакты со специалистами многих стран мира.

С. Н. Алексеев создавал вокруг себя обстановку требовательности, принципиальной оценки результатов научных исследований. Активно участвуя в общественно-научной деятельности, С. Н. Алексеев в течение многих лет являлся заместителем председателя Всесоюзной организации коррозионистов Союза НИО СССР.

Память о большом ученом и замечательном человеке навсегда сохранят его друзья, товарищи и ученики.

Рефераты статей, опубликованных в номере

УДК 691.87:693.554.003.13

Асланова Л. Г., Рогатин Ю. А., Нефедова Л. А. Неметаллическая арматура — крупный резерв экономии стали в строительстве // Бетон и железобетон.— 1991.— № 12.— С. 4—6

Освещается опыт использования неметаллической арматуры в СССР и ведущих технически развитых странах мира. Приводятся данные по технико-экономической эффективности некоторых видов железобетонных конструкций с такой арматурой. Определяются области рационального применения неметаллической арматуры.— Табл. 1.

УДК 691.327.539.376

Учет масштабного фактора при оценке однородности прочности и плотности бетона / Г. П. Сахаров, Е. П. Скориков А. Б. Пшеничников, Ф. М. Салимгареев // Бетон и железобетон.— 1991.— № 12.— С. 12—13

Рассмотрены способы повышения однородности, прочности и плотности бетона вследствие учета масштабного эффекта, выявленного по результатам экспериментальных исследований на заводе ячеистых бетонов в г. Набережные Челны и МИСИ. Получены поправочные коэффициенты к плотности и однородности прочности и плотности разных видов бетона. Приведен экономический эффект, получаемый от учета масштабного фактора однородности бетона при подборе состава на заводе ячеистых бетонов.— Табл. 2.— Библиогр.: 4 назв.

УДК 691.51/55

Наназашвили И. Х. Структурообразование древесно-цементных композитов на основе ВНВ // Бетон и железобетон.— 1991.— № 12.— С. 15—17

Рассмотрена возможность улучшения физико-механических показателей арболита благодаря применению ВНВ вместо портландцемента. Показано, что применение ВНВ для производства арболита может расширить сырьевую базу, так как наряду с древесной дробленкой и лесопильными отходами рекомендуется использовать гуза-паю, рисовую солому, рисовую лузгу и отходы хлопкоочистительных предприятий.— Ил. 5.

УДК 624.072.2

Габрусенко В. В. К расчету поясов решетчатых балок на поперечную силу // Бетон и железобетон.— 1991.— № 12.— С. 22

Рассматривается приближенный способ расчета наклонных сечений поясов решетчатых балок, основанный на общеизвестной методике и позволяющий исключить рассмотрение статически неопределимой системы. Результаты расчета дают удовлетворительную сходимость с опытными данными.— Ил. 2, табл. 1.— Библиогр.: 2 назв.

CONTENTS

- Serykh R. L.* About some results of realization of the State scientifico-technical program "Strojprogress-2000"
- Aslanova L. G., Rogatin Yu. A., Nephedova L. A.* Non-metallic reinforcement — important reserve for economy of steel in building
- Ludkovskyj A. M., Sutjagin A. E., Manvelov A. S.* Testing in nature of reinforced concrete membrane covering
- Objeshtchenko G. A., Shifrin E. I.* Mathematical model of hydration of cement and efficient regimes of thermal-humid treatment of concrete
- Sakharov G. P., Skorikov E. P., Pshenitchnikov A. B., Salimgareev Ph. M.* Accounting of scale factor for evaluation of uniformity of concrete strength and density
- Sizov V. P.* Strength of concrete of VNN
- Nanazashvili I. Kh.* Structure-formation of wood-cement composites on the base of VNN
- Rozhnov A. V.* Stand moulding equipment
- Sviridov N. V., Kovalenko M. G., Tchesnokov V. M.* Strength and deformability of reinforced concrete elements from especially resistant concrete
- Gabrusenko V. V.* On calculation of chords of latticed beams on transversal force
- Shevkunov A. I., Dmitriev A. S.* Increasing of durability of concrete by application of complex admixtures

CONTENU

- Sur certains bilans de la réalisation du programme scientifico-technique d'Etat "Strojprogress-2000"
- Aslanova L. G., Rogatine Yu. A., Nephedova L. A.* Les armatures non-métalliques — une réserve importante de l'économie de l'acier dans la construction
- Ludkovsky A. M., Soutjaghine A. E., Manvelov A. S.* Les essais en nature du recouvrement-membranes en béton armé
- Objeshtchenko G. A., Chifrine E. I.* Le modèle mathématique de la hydratation du ciment et les régimes efficaces du traitement du béton par le chauffage dans la vapeur
- Sakharov G. P., Skorikov E. P., Pshenitchnikov A. B., Salimgareev Ph. M.* Le contrôle du facteur des proportions pendant l'évaluation de l'homogénéité de la résistance et de la densité du béton
- Sizov V. P.* La résistance du béton sur VNV
- Nanazachvili I. Kh.* La formation de la structure des compositions de bois-ciments sur la base de VNV
- Rozhnov A. V.* L'équipement du stand pour le moulage
- Sviridov N. V., Kovalenko M. G., Tchesnokov V. M.* La résistance et la déformabilité des éléments en béton armé spécial
- Gabrussenko V. V.* Sur le calcul de ceintures des poutres en treillis sur la force transversale
- Chevounov A. I., Dmitriev A. S.* L'augmentation de la durabilité du béton par l'application des adjuvants complexes

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

Технический редактор *Е. Л. Сангурова*

Корректор *Н. А. Шатерникова*

Сдано в набор 10.10.91. Подписано в печать 18.11.91. Формат 60×88 1/8. Печать офсетная.

Бумага книжно-журнальная. Усл. печ. л. 3,92. Усл. кр.-отт. 4,92.

Уч.-изд. л. 5,19. Тираж 10 209 экз. Заказ 6542.

Цена для индивидуальных подписчиков 80 коп., цена для организаций — 1 р. 40 к.

Адрес редакции:

Москва, Георгиевский пер., 1, строение 5, 3-й этаж

Почтовый адрес редакции (экспедиция): 101442, Москва, ГСП, Каляевская 23а

Тел. 292-41-34, 292-62-05

Набрано на ордена Трудового Красного Знамени Чеховском полиграфическом комбинате Государственной ассоциации предприятий, объединений и организаций полиграфической промышленности «АСПОЛ» 142300, г. Чехов Московской области

Отпечатано в Подольском филиале ПО «Периодика» 142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ ИЗ КЕРАМЗИТОБЕТОНА ПОНИЖЕННОЙ ПЛОТНОСТИ

Составы керамзитобетона пониженной плотности и технические параметры производства однослойных наружных стеновых панелей обеспечивают повышение их теплозащитных свойств за счет применения поризации керамзитобетонных смесей воздухововлекающей добавкой СДО в сочетании с использованием в качестве мелкого заполнителя зол и золошлаковых смесей ТЭС или других эффективных мелких заполнителей.

Техническая характеристика

Средняя плотность бетона, кг/м ³	800...1000
Проектная прочность бетона, МПа	5...10
Объем межзерновых пустот, %	0...3
Объем вовлеченного воздуха, %	3...12
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С	0,21...0,27
Морозостойкость, циклы	50...100
Сопротивление теплопередаче панелей, м ² ·°С/Вт	1,1...1,4
Снижение средней плотности по сравнению с бетоном на строительном песке, кг/м ³	100...150
Экономия керамзита по сравнению с бетоном на керамзитовом песке, м ³ /м ³	0,3...0,5
Экономический эффект, р/м ³	1...5

Возможно проведение работ по оптимизации составов керамзитобетона на конкретных материалах с проверкой их теплофизических свойств и долговечности, отработке технологических параметров производства применительно к конкретным заводским условиям, обучение заводского персонала и налаживание опытно-промышленного производства.

Обращаться по адресу:
111524, Москва, ул. Плеханова, 7, ВНИИжелезобетон.



НПК С В А М

предлагает

для внедрения на Вашем предприятии современную
автоматизированную систему

АРМ БЕТОН

АРМ БЕТОН выполняет следующие функции.

- **ПОДБОР** состава тяжелого и легкого бетонов
- **РАСЧЕТ НОРМ** расхода цемента для тяжелого и легкого бетонов, для сборных изделий и монолитных конструкций по СНиП 5.01.23-83
- **ОБРАБОТКУ** результатов контроля качества: бетона, заполнителей, цемента
- **ВНЕДРЕНИЕ** лабораторной документации
- **ОПЕРАТИВНЫЙ РАСЧЕТ** оптимальной коррекции состава, минимизирующий вариацию прочности бетона.

Уметь программировать для применения **АРМ БЕТОН** не надо. Для реализации **АРМ БЕТОН** необходим персональный компьютер типа IBM PC, оснащенный памятью на жестком диске («винчестер»). Мы готовы оказать Вам содействие в приобретении современных IBM совместимых компьютеров, а также можем разработать программное обеспечение по Вашему заказу.

АРМ БЕТОН обеспечит повышение качества продукции, снижение вариации прочности бетона, экономию цемента, повысит культуру производства.

**Заявки на АРМ БЕТОН направляйте по адресу:
121354, Москва, а/я 273, НПК СВМ**