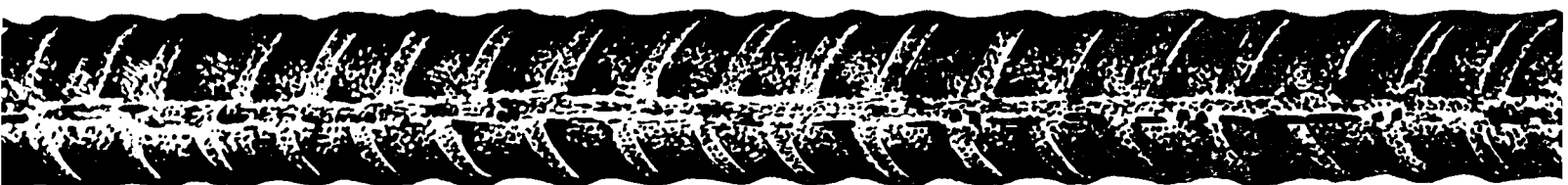
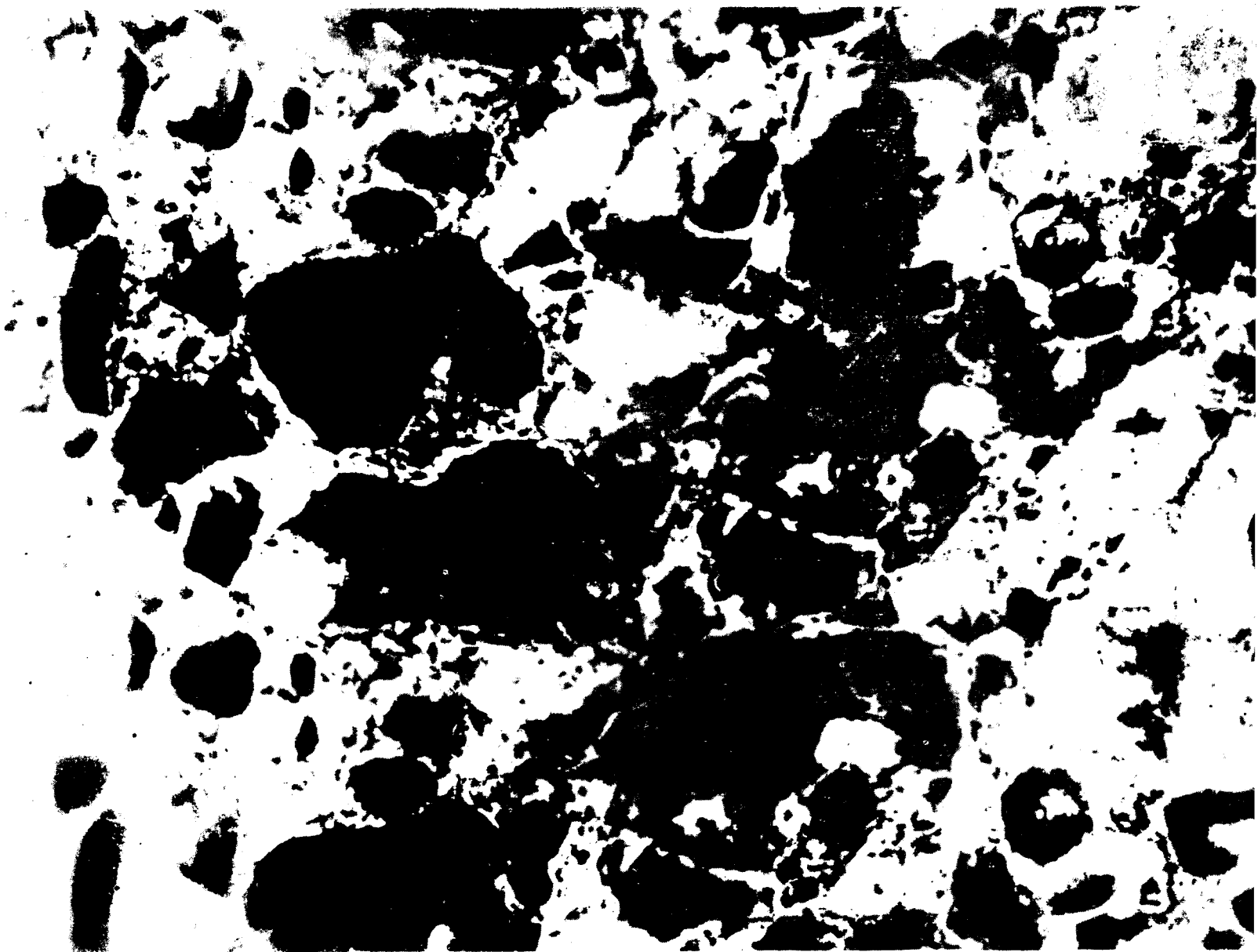


БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

4

1989



ЯРМАРКА

«Научно-технические достижения в строительстве» («НТД-89») ждет Вас

Ярмарка будет работать в августе—октябре 1989 г. в Москве на территории объединенных павильонов «Строительство» ВДНХ СССР (Фрунзенская наб., 30). Она организуется Госстроем СССР с участием ВДНХ СССР, министерств и ведомств строительного комплекса.

На ярмарке в качестве продавцов научно-технической продукции будут представлены более 400 научно-исследовательских, проектных, проектно-конструкторских, проектно-технологических, внедренческих и других организаций строительной отрасли и смежных с нею отраслей.

На ярмарке «НТД-89» Вы сможете приобрести или продать по договорным ценам готовые разработки, заказать нужную научно-техническую продукцию, заключить договора на выполнение научно-технических и проектно-конструкторских работ, а также установить контакты и связи с зарубежными фирмами и организациями.

На ярмарке «НТД-89» будут работать экспертно-коммерческая, информационная и организационно-методическая службы, радиоцентр, киноvideозалы для показа технических фильмов.

На ярмарке Вы сможете пройти курс обучения основам маркетинга, прослушать цикл лекций и практических занятий по вопросам научно-технического прогресса и работы в условиях полного хозяйственного расчета, получить всевозможные консультации, принять участие в семинарах, дискуссиях по конкретным вопросам внедрения НТД.

Квалифицированные специалисты окажут Вам необходимые услуги при заключении договоров, подберут партнеров по кооперации для совместного внедрения приобретенных на ярмарке разработок.

ТЕЛЕФОНЫ ДЛЯ СПРАВОК:
251-17-59, 242-89-03, 242-89-04.

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

4 (409)

Издается с апреля 1955 г.

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО КОМИТЕТА СССР

Апрель 1989

СОДЕРЖАНИЕ

Решения XXVII съезда КПСС — в жизнь!

<i>Батраков В. Г., Фаликман В. Р., Виноградов Ю. М.</i> Перспективы производства и применения добавок-модификаторов для бетона и железобетона	2
<i>Тринкер Б. Д., Уздин Г. Д., Тринкер А. Б., Чирков Ю. Б.</i> Опыт применения полифункционального пластификатора ЛТМ	4
<i>Силина Е. С.</i> Оценка эффективности добавок в бетоне	5
<i>Кунцевич О. В., Федоров В. Б., Макаревич О. Е., Горышин В. В., Теленков Н. Н., Тихонов Д. И.</i> Внедрение суперпластификатора С-3 при изготовлении колонн и ригелей для метрополитена	7
<i>Иванов Ф. М., Рогинская Е. Л., Серебренник В. А., Гончаров В. В.</i> Биоцидные растворы и бетоны	8
<i>Гладков В. С., Виноградова В. Э., Фридман В. В., Колокольникова Е. И., Преображенский В. А.</i> Применение комплексной добавки для бетонов в транспортном строительстве	10
<i>Младова М. В., Бибик М. С.</i> Экономия цемента при использовании суперпластификатора С-3	11
<i>Юсупов Р. К., Карпис В. З.</i> Добавки лигносульфонатов с пониженным воздуховлекающим действием	13
<i>Усов Б. А., Домокеев А. А., Усов Е. А., Кальгин А. А.</i> Эффект предварительного активирования добавок в производстве железобетона	15
<i>Левин Л. И., Тарасова В. Н., Гарнаруцкий Г. М.</i> Опыт применения пластификатора ЛСТМ-2 при производстве сборного железобетона	17
<i>Митник Г. С.</i> Формы для высокопластичных бетонов	19
<i>Розенталь Н. К., Левицкий Е. В., Рабкин В. В., Седов Ю. П.</i> Морозостойкие бетоны из литых смесей с полифункциональными модификаторами	21
<i>Булгакова М. Г., Харченко В. Г.</i> О выборе характеристик бетонов с суперпластификаторами при расчете конструкций	23
<i>Матков Н. Г.</i> Бетоны с суперпластификатором С-3 для сборных элементов и узлов каркасов зданий	24

Вопросы экономики

<i>Большаков Н. М.</i> Внутрипроизводственный хозрасчет на предприятиях стройиндустрии в условиях самофинансирования	27
--	----

Конструкции

<i>Баженов В. М., Крамарь В. Г.</i> Рациональная конструкция верхних сеток многослойных панелей	29
<i>Лучко И. И., Капелюжный В. В.</i> Исследование балок с концентраторами напряжений в сжатой зоне при высоких нагрузках	31

Бетоны

<i>Звездин О. А., Мирошниченко К. К., Пунагин В. Н.</i> Составы, компенсирующие усадку, на основе напрягающего цемента	33
<i>Монадиришвили И. Ш., Ходжашвили М. М.</i> Легкие бетоны на термоупрочненном заполнителе в несущих конструкциях	34

Заводское производство

<i>Лишанский Б. А., Лазуренко А. В., Новицкий В. В.</i> Применение микропроцессоров и микроЭВМ в технологии сборного железобетона	36
---	----

В помощь проектировщику

<i>Забегав А. В.</i> Местное деформирование стержневых элементов при интенсивных нагрузках	38
<i>Сапожников Н. Я.</i> Надежность конструкций по прочности наклонных сечений	40
<i>Залесов А. С., Хозяинов Б. П.</i> Прочность элементов при кручении и изгибе со знакопеременной эпюрой изгибающих моментов	43



МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

УДК 666.972.16*313

В. Г. БАТРАКОВ, д-р техн. наук, проф., В. Р. ФАЛИКМАН, канд. хим. наук (НИИЖБ); Ю. М. ВИНОГРАДОВ, инж. (Госстрой СССР)

Перспективы производства и применения добавок-модификаторов для бетона и железобетона

Современное производство бетона и железобетона предполагает широкое применение различных химических добавок-модификаторов. Во многих промышленно развитых странах мира объем бетона с добавками составляет 25...80% общего объема и из года в год возрастает [1]. Проявляются эти тенденции и в нашей стране. По оценкам специалистов, в 1987 г. с применением химических добавок изготовлено не менее 40% бетонных и железобетонных изделий и конструкций, к 1990 г. этот показатель возрастет до 55%.

Основные направления совершенствования технологии бетона с применением химических добавок связаны со снижением трудозатрат при производстве работ на заводах сборного железобетона и в монолитном строительстве, значительным сокращением доли тяжелых ручных операций, повышением качества бетона, его прочности, морозостойкости, водонепроницаемости и коррозионной стойкости, экономией цемента. С помощью добавок удается изменять и регулировать условия и сроки твердения бетона, придавать ему новые свойства, например бактерицидность, гидрофобность, способность твердеть на морозе и т. д.

Добавки по эффекту их действия ГОСТ 24211—80* «Добавки для бетонов. Классификация» разделяет на 16 видов. Свойства некоторых из них приведены в таблице.

Наиболее распространены пластифицирующие добавки, прежде всего, технические лигносульфонаты ЛСТ (ранее выпускавшиеся как концентраты сульфитно-дрожжевой бражки — СДБ), упаренная меласная послеспиртовая барда УПБ и разработанные в конце 70-х годов суперпластификаторы (С-3, 10-03, Дофен и др.).

В 1987 г. с применением ЛСТ изготовлено около 30 млн. м³ бетона, в том числе с применением модифицированных лигносульфонатов — около 3 млн. м³, с УПБ — 4 млн. м³, с суперпластификаторами (СП) — свыше 10 млн. м³.

Разработка и организация производ-

ства суперпластификаторов открыли новые возможности для технического перевооружения отрасли [2]. Их применение позволяет снижать трудоемкость формования железобетонных изделий в 2...4 раза и бетонирования монолитных конструкций и сооружений в 5...7 раз, в ряде случаев полностью исключить вибрацию или заменить ее кратковременным встряхиванием, на 1/3 сократить расход топлива и электроэнергии, экономить до 25% цемента против фактического его расхода в настоящее время.

Большие возможности регулирования водопотребности бетонной смеси и значительного — до 20...25% снижения водоцементного отношения — обеспечивают получение сверхвысоких бетонов классов В60 и выше, особоплотных марки по водонепроницаемости выше В14. Появилась возможность организовать производство конструкций из высокопрочного бетона классов В45 и выше без наращивания объемов выпуска энергоемких цементов марок 550 и 600, значительно расширились области применения шлако- и пуццолановых портландцементов, на производство которых расход условного топлива снизился на 30...40%, по сравнению с портландцементами тех же марок [3].

В настоящее время создаются цеха общей мощностью 223 тыс. т в год для выпуска суперпластификатора С-3, в том числе на предприятиях строительных министерств 13 установок суммарной мощностью 73 тыс. т. Кроме того, предусмотрено создание в 1990 г. производства суперпластификатора типа 40-03 мощностью 70 тыс. т в год.

Сегодня работает уже 11 таких предприятий, продукция двух из них — Новомосковского ПО «Оргсинтез» и Кингисеппского цеха Сланцевского комбината Стройдеталь аттестована на государственной Знак качества и с успехом экспортируется в Финляндию, на Кубу и в другие страны. Общий объем выпуска С-3 в 1988 г. составил свыше 60 тыс. т, что позволило изготовить с его помощью свыше 20 млн. м³ бетона.

Наиболее эффективными областями применения суперпластификаторов являются: производство напорных железобетонных труб; изготовление сборных конструкций из высокопрочного бетона классов В45 и выше; массивных густоармированных конструкций типа ферм, балок, колонн, пролетных строений мостов; плит и панелей в касетах и на поточной-агрегатных и конвейерных линиях; возведение ответственных монолитных сооружений и бетонирование конструкций с повышенной степенью армирования и сложной конфигурацией, а также выпуск мелкозернистых и ячеистых бетонов [2]. Новым перспективным направлением является изготовление высокоплотных бетонов с применением так называемого микрокремнезема — отхода производства ферросплавов.

НИИЖБ и другие организации ведут интенсивную работу по повышению эффективности суперпластификаторов, снижению их стоимости и расширению областей применения [4]. В результате выявлены возможности использования новых видов сырья — легких газойлей, нафталиновых и антраценовых фракций, тяжелых смол пиролиза и др., получены суперпластификаторы второго поколения, обладающие полифункциональностью действия. Для суперпластификаторов стали широко применять отходы и побочные продукты различных отраслей промышленности. Этот опыт обобщен в «Рекомендациях по применению добавок суперпластификаторов в производство сборного и монолитного железобетона» (М.: НИИЖБ, ЦНИИОМТП, 1987).

Традиционные пластификаторы — ЛСТ и УПБ широко применяются в строительстве начиная с 50-х годов. Ресурсы их выпуска практически неограниченны — свыше 500 тыс. т в год, а стоимость 60...100 р/т сравнительно

Виды добавок	Эффект
Суперпластификаторы, пластифицирующие и пластифицирующе-воздуховлекающие (С-3, 10-03, ЛСТМ-2, ЛСТ, ЩСПК и др.)	Повышение подвижности бетонной смеси в 2—5 раз или снижение водопотребности на 5—20%
Ускорители твердения и противоморозные (ННХК, СН, ХК, П и др.)	Сокращение сроков твердения на 20% и обеспечение твердения на морозе
Воздуховлекающие (СНВ, СДО, С, ОТП и др.)	Повышение морозостойкости и коррозионной стойкости бетона в 2 раза
Уплотняющие (ДЭГ, ТЭГ, БЭ, ХЖ и др.)	Повышение плотности и водонепроницаемости бетона на 2 марки
Ингибиторы коррозии стали (БХН, НН, КИ и др.)	Повышение долговечности железобетонных конструкций
Специальные (КБ, ГКЖ и др.)	Повышение бактерицидных, электроизоляционных, жаростойких и других свойств

невысока. Это обуславливает постоянный и устойчивый интерес производителей к их применению, особенно в монолитном строительстве для улучшения удобоукладываемости смеси и экономии 5...8% цемента. Одновременно не прекращаются попытки улучшить, модифицировать лигносульфонаты и барду с целью устранения нежелательных побочных эффектов — замедления твердения бетона при повышенных дозировках и излишнего воздухововлечения.

В последние годы объем применения модифицированных ЛСТ возрастает. В качестве модификаторов используются щелочи (ХДСК), электролиты (ЛТМ), пеногасители (НИЛ-21, МТС-1), применяются адсорбционные методы фракционирования (НИЛ-20), механохимическая обработка в роторно-пульсационных аппаратах и линейно-индукционных вращателях, направленное химическое взаимодействие (ЛСТМ). Как правило, применяемое для модифицирования оборудование несложно, поэтому подобные установки в основном размещаются на предприятиях сборного железобетона и промышленных базах строительства. Кроме того, Камский ЦБК осуществляет централизованные поставки модифицированных лигносульфонатов ЛСТМ-2 для нужд промышленности цементной и строительных материалов в качестве пластификатора бетонных смесей.

Эффективность всех модифицированных лигносульфонатов примерно одинакова. При оптимальных дозировках их применение позволяет повысить осадку конуса с 2...4 до 12...16 см без снижения прочности бетона, в том числе при термовлажностной обработке, экономить 8...12% цемента. Их с успехом используют в бетонах классов В15...В30 и в строительных растворах, при бетонировании монолитных сооружений и конструкций. В ближайшие годы должен решиться вопрос о расширении объемов применения таких добавок. Для этого в территориальных управлениях по строительству предполагается создание установок, обеспечивающих изготовление по 400...800 тыс. м³ бетона с модифицированными ЛСТ. Выбор способа модификации и типа установки будет осуществляться с учетом их доступности в конкретном регионе страны.

Потребность в хорошо зарекомендовавших себя пластифицирующе-воздухововлекающих добавках удовлетворяется и будет удовлетворяться поставляемыми химической промышленностью щелочным стоком производства капролактама ЩСПК (бывший ПАЩ-1) и синтетической поверхностно-активной добавкой

СПД. Объем их производства в последние годы стабилизировался и находится на уровне 10 тыс. т в год (≈ для 10 млн. м³ бетона). Из воздухововлекающих добавок наиболее доступны смола древесная омыленная СДО и сульфат С, а из ускорителей твердения — электролитов — сульфат натрия.

Проблема организации промышленного производства нитрит-нитрат-хлорида кальция по-прежнему не решена. остро стоит вопрос и об обеспечении строителей эффективными противоморозными добавками — нитритом натрия и поташом. Предпринимаются интенсивные усилия по ликвидации этого дефицита применением новых разработок, например форминатно-спиртового пластификатора (ФСП) и фильтра технического пентаэритрита (ФТП). В текущей пятилетке могут быть полностью решены задачи поставки в необходимых количествах замедлителей схватывания на основе комплексонов типа нитрилотриметиленфосфоновой кислоты (НТФ, ИСБ, РСБ), а также ряда кремнийорганических продуктов.

Для более широкого и грамотного использования добавок НИИЖБ разработал Каталог выпускаемых в СССР добавок для бетонов и строительных растворов в форме СК-4. В нем содержатся основные сведения более чем о 100 химических добавках, рациональных областях их применения, нормативно-технических и инструктивных документах, определяющих состав и качество добавок, организациях-изготовителях, объемах производства и особенностях применения. В 1989 г. планируется выход в свет Пособия по применению химических добавок при производстве сборных железобетонных конструкций и изделий к СНиП 3.09.01—85. Введен в действие также ГОСТ 26633—85. «Бетон тяжелый. Технические условия», предусматривающий применение добавок большой группы.

Успешно развиваются работы по созданию комплексных полифункциональных модификаторов в виде водорастворимых или водоразбавляемых продуктов (в том числе в сухой и порошкообразной форме) на основе поверхностно-активных веществ и электролитов различной природы и механизма действия.

Так, разработаны рекомендации [5...7] и другие документы. Выявлены большие резервы экономии цемента при изготовлении коррозионно-стойких бетонов, например путем применения кремнийорганических гидрофобизаторов (жидкости 113-63, 113-65), суперпластификаторов в комплексе с добавками гидрофобно-газообразующего действия.

В ряде случаев при использовании комплексных модификаторов в бетонах, работающих в условиях сульфатной агрессии, возможна замена сульфатостойких цемента по ГОСТ 22266—76 портландцементом или при необходимости значительное повышение сульфатостойкости. Найдены пути уменьшения опасности использования цемента со значительным (более 1%) содержанием свободных щелочей. Все это свидетельствует о большом потенциале, который предстоит реализовать в ближайшие годы.

Вместе с тем нельзя не отметить, что широкое внедрение в практику строительства эффективных химических добавок сдерживается рядом факторов. Заводы и стройки страны зачастую не оснащены узлами приема и хранения, траками подачи и устройствами дозирования добавок. До сих пор отсутствуют необходимые типовые проекты и решения. Медленно проводится специальная подготовка инженерно-технического состава и рабочих. На ряде предприятий еще низка общая культура производства, что не позволяет в полной мере использовать эффект от применения добавок.

Остаются скрытыми другие резервы экономии материальных, энергетических и трудовых ресурсов, например интенсификация производственного цикла, внедрение литьевой технологии на заводах и стройках, выбор оптимальных условий тепловой обработки, уменьшение расходов металла на формы и опалубку и снижение амортизации оборудования и т. д. Эти нерешенные проблемы открывают большой простор для деятельности межотраслевых творческих коллективов, включающих специалистов и производственников различных отраслей народного хозяйства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Adiciones para el hormigon. — In: Formes la Construcion. — 1983. — N 340. — P. 35—40.
2. Батраков В. Г., Фаликман В. Р., Бабаев Ш. Т. Опыт разработки и применения эффективных суперпластификаторов в производстве железобетонных изделий // Пути технического перевооружения промышленности сборного железобетона: Материалы семинара. — М.: МДНТП, 1987. — С. 112—120.
3. Энтин З. Б. и др. Экономия цемента в строительстве. — М.: Стройиздат, 1985. — С. 7.
4. Химические добавки для бетонов / Под ред. В. Г. Батракова, В. Р. Фаликмана. — М.: НИИЖБ, 1987. — 151 с. — (Сб. тр. / НИИЖБ Госстроя СССР).
5. Рекомендации по приготовлению бетонных смесей высокой сохраняемости с химическими добавками. — М.: НИИЖБ, 1983. — С. 27.
6. Рекомендации по применению полифункциональных модификаторов на основе суперпластификатора С-3 для приготовления бетонов высокой морозостойкости из высокоподвижных и литых бетонных смесей. — М.: НИИЖБ, 1983. — С. 29.
7. Рекомендации по применению эффективных химических добавок к бетону в условиях строительства Дальнего Востока и Забайкалья. — М.: Минвостокстрой, 1985. — С. 42.

Б. Д. ТРИНКЕР, канд. техн. наук (ВНИПИТеплопроект); Г. Д. УЗДИН, инж. (завод ЖБК ПСО Мосстроя); А. Б. ТРИНКЕР, инж. (КТБ Моспромстройматериалы); Ю. Б. ЧИРКОВ, канд. техн. наук (ЦНИИОМТП)

Опыт применения полифункционального пластификатора ЛТМ

Уровень химизации бетона является показателем развития строительной индустрии. В СССР применяли в основном добавки лигносульфонатов технических (ЛСТ). Начиная с 1949 г. с добавками ЛСТ уложено более 1,5 млрд. м³ монолитного бетона и железобетона и произведено более 100 млн. т пластифицированного цемента. В сборном железобетоне применяли в основном комплексные добавки из ЛСТ и электролитов (Na₂SO₄, NaNO₃, NHK и др.). Применение указанных добавок позволило сократить расход цемента на 6...8% и повысить качество и долговечность бетона и железобетона конструкций, зданий и сооружений [1...3].

Проведенные ранее исследования показали возможность и целесообразность сокращения в 4...8 раз количества вводимых в бетон добавок электролитов [4—5]. Это позволило разработать различные модифицированные добавки на основе ЛСТ, типичным представителем которых являются лигносульфонаты технические модифицированные (ЛТМ). Приготовление и применение полифункциональной добавки ЛТМ производится

по ТУ 480-2-4-86, Рекомендациям по применению суперпластификатора ЛТМ в бетоне и железобетоне (М.: ЦНИИОМТП, 1987), Руководству по применению химических добавок к бетону при возведении специальных высотных и других сооружений в производстве сборных железобетонных изделий (М.: ЦНБТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1987).

Отличительной особенностью добавки ЛТМ является гибкость технологии ее приготовления при различном соотношении между ЛСТ и электролитом (Na₂SO₄, NaNO₃, Ca(NO₃)₂ и др.) от 1:1 до 1:3 в зависимости от необходимой интенсивности нарастания прочности, режимов твердения бетона. Добавки ЛТМ вводят в бетонные смеси в количестве 0,3...0,5% сухого вещества но не более 0,7% массы цемента.

Исследования, проведенные ВНИПИТеплопроект, показали, что введение в бетон суперпластификатора ЛТМ или комплексных добавок на его основе (ЛТМ+С-3, ЛТМ+СНВ и др.) благодаря пластифицирующему действию позволяет снизить расход цемента на 20%

при подвижности смесей 16...18 см, на 15% при подвижности 11...12 и 5...7 см. При этом прочность бетона равна прочности бетона без добавки или больше на 10...20%. Совмещение добавок ЛТМ и С-3 позволяет сократить расход С-3 в бетоне в 2 раза и соответственно снизить его стоимость. Бетон с добавкой ЛТМ соответствует по морозостойкости F300...F500, водонепроницаемости W8...W10.

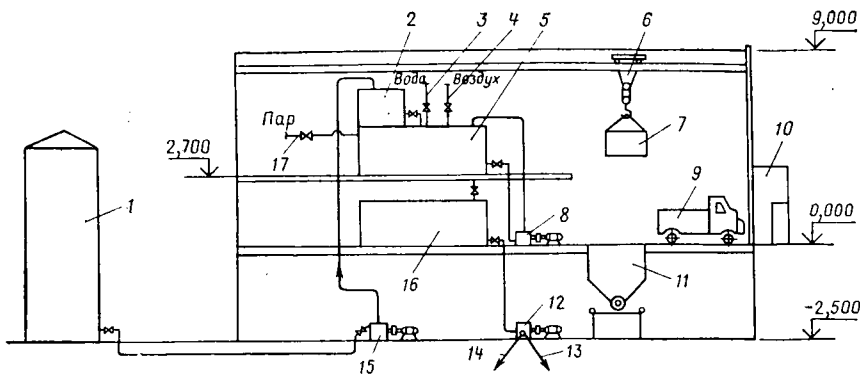
Результаты испытаний образцов бетона различных составов и классов от В15 до В45 с добавкой ЛТМ, приготовленных для железобетонных изделий заводов ЖБИ ППО Моспромстройматериалов и ПСО Мосстроя, приведены в таблице. Из нее следует, что введение ЛТМ при сокращении расхода цемента на 10% и одинаковой подвижности смесей прочность бетона в большинстве случаев повышается на 10...20%. При автоклавной обработке и сокращении расхода цемента на 10% получены равнопрочные бетоны.

Испытания на морозостойкость изделий из бетона с добавкой ЛТМ, производимых заводом ЖБИ-17 ППО Моспромстройматериалов, показали, что для плит дорожных покрытий при проектной марке F100 получена F150, для забивных свай при F150 получена F200 (на большее число циклов образцы не испытывали). Завод ЖБИ-3 (г. Кашира Московской обл.) выпускает железобетонные дорожные плиты из бетона с добавкой ЛТМ с заданной морозостойкостью F200 (при работе без добавки более F150 завод не получал).

В настоящее время полифункциональную добавку ЛТМ применяют при изготовлении сборных изделий из тяжелого и легкого бетонов для монолитных зданий и сооружений. Впервые добавка ЛТМ была внедрена на заводе ЖБИ-3, где готовится в малогабаритной установке с реактором емкостью 1 м³, затем на трех заводах ЖБИ Главсочиспецстроя и в Главмособлстрое. В 1986 г. на заводе ЖБИ-17 смонтирована полуавтоматическая установка емкостью 4 м³ по проекту, разработанному ЦНИИОМТП. Самая крупная установка емкостью 12 м³ смонтирована в 1987 г. на Краснопресненском заводе ЖБК ДСК-1 ПСО Мосстроя (см. рисунок). Она рассчитана на выпуск более 500 тыс. м³ бетона с добавкой ЛТМ и пущена в эксплуатацию в январе 1988 г. Ее применяют для приготовления бетона классов В15 и В22,5; товарного бетона; при производстве трехслойных стеновых панелей с гибкими связями, кровельных панелей, элементов шахт лифтов, изготавливаемых на семи конвейерных линиях; на поли-

Наименование изделий	Завод	Расход материалов, кг/м ³				ЛТМ, % массы цемента	О. К., см	Экономия цемента, %	Режим ТВО, ч	R _{сж} , МПа	Рост прочности, %
		Ц	П	Щ	В						
Трехслойные стеновые панели с гибкими связями	Краснопресненский завод ЖБК	550	965	419	297	—	20,5	—	1+1,5+3,5+1	10,5 20,5	—
		500	1015	446	270	0,3	19,5	10	1+1,5+3,5+1	14,0 24,6	33 60
Забивные сваи длиной 7—12 м, дорожные плиты	ЖБИ-17	474	554	1125	229	—	7,0	—	2+4+6	30,8 31,9	—
		428	579	1183	180	0,3	12,0	10	2+4+6	32,2 34,8	4 9
Плиты аэродромные преднапряженные	ЖБИ-18	365	700	1118	186	—	2,0	—	2+3+8*	31,4 54,4	—
		360	696	1112	164	0,3	5,0	—	2+3+8*	35,2 60,1	12 10
Колонны, ригели	То же	331	716	1147	149	0,32	2,0	10	2+3+8*	35,4 60,0	13 10
		577	398	1175	241	—	3,0	—	2+3+6*	40,1 56,0	—
		572	414	1182	218	0,4	3,5	—	2+3+6*	46,1 66,1	14 18

Примечание. Над чертой — через 4 ч после ТВО, под чертой — через 28 сут.
* Без остывания после ТВО



Технологическая схема приготовления суперпластификатора ЛТМ на Краснопресненском заводе ЖБК

1 — емкость для хранения ЛСТ марки «Е»; 2 — бак-дозатор ЛСТ; 3 — регистр с паром (глухой пар); 4 — горячая вода; 5 — реактор $V=12$ м³; 6 — тельфер; 7 — дозатор Na₂SO₄; 8 — циркуляционный насос Х45/31; 9 — автосамосвал; 10 — распашные ворота; 11 — шнековый накопительный бункер для Na₂SO₄; 12 — насос Х45/31; 13 — линия подачи ЛТМ на БСУ-1; 14 — линия подачи ЛТМ на БСУ-2; 15 — насос для подачи ЛСТ в бак-дозатор; 16 — расходная емкость для готовой добавки ЛТМ

гоне, выпускающем по агрегатно-поточной технологии объемные элементы балконов, фундаментные блоки и др.

Приготовление ЛТМ осуществляется в следующей последовательности. Из утепленных хранилищ ЛСТ марки «Е» насосом подается в бак-дозатор в количестве 1,6 м³. Сернокислый натрий-кристаллогидрат Щелковского витаминного завода из накопительного шнекового бункера поступает в бункер-дозатор и далее с помощью тельфера в реактор в количестве около 2 т. Затем в реактор заливается горячая вода до объема 12 м³ и температура в нем доводится глухим паром до 70...90°C. Приготовление добавки ЛТМ осуществляется в течение 4 ч при указанной температуре и периодическом перемешивании раствора циркуляционным на-

сосом Х45/31. Готовая добавка ЛТМ поступает в накопительную емкость и далее на БСУ-1 и БСУ-2. Дозирование ЛТМ производится объемными дозаторами, сконструированными заводом.

Краснопресненский завод ЖБК выпускает в год 330 тыс. м³ сборного и 185 тыс. м³ товарного бетона. Экономический эффект от применения добавки ЛТМ составляет около 1 р. на 1 м³ бетона.

В настоящее время в соответствии с рекомендациями Госстроя СССР на крупных заводах ЖБИ монтируют установки для приготовления добавки ЛТМ. Стоимость установки, обеспечивающей производство 180...400 тыс. м³ бетона в год, составляет 20...30 тыс. р.

Проектирование и изготовление типовых установок для приготовления добав-

ки ЛТМ, обеспечивающей приготовление 180 тыс. м³ бетона в год, проведено ЦНИИОМТП.

Применение ЛТМ или комплексных добавок на ее основе в монолитном и сборном железобетоне (на цементе без признаков ложного схватывания) позволяет улучшить технологические свойства бетонных смесей, укладывать их по маловибрационной или безвибрационной технологии; сократить при снижении В/Ц продолжительность тепловлажностной обработки бетона и расход теплоносителя на 25...35% или ускорить твердение его в раннем возрасте при положительной температуре на 20...50%; повысить распалубочную, передаточную, отпускную или проектную прочность бетона на 30...70%; морозостойкость в 2...3 раза, понизить газо- и водонепроницаемость в 2 раза; а также снизить расход цемента в зависимости от исходной подвижности бетона на 10...20%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тринкер Б. Д. Теоретические и экспериментальные исследования влияния поверхностно-активных веществ и электролитов на свойства бетона // Конструкции и строительство специальных сооружений. — М.: ВНИПИТеплопроект, 1982. — 109 с.
2. Влияние суперпластификаторов на свойства бетона / Ю. М. Чумаков, Б. Д. Тринкер, Г. Г. Демина и др. // Бетон и железобетон. — 1980. — № 10. — С. 16—17.
3. Тринкер А. Б. Применение суперпластификаторов для приготовления бетона при строительстве специальных высотных сооружений в скользящей опалубке // Строительство атомных электростанций. — Вып. 2. — Информэнерго. — 1982. — 5 с.
4. Тринкер Б. Д., Жиц Г. Н., Тринкер А. Б. Эффективность применения комплексных добавок из ПАВ и электролитов // Бетон и железобетон. — 1977. — № 10. — С. 12—13.
5. Тринкер А. Б. Единая система скоростного бетонирования высотных сооружений в скользящей опалубке // Бетон и железобетон. — 1983. — № 12. — С. 20—21.

УДК 666.972.16.003.13

Е. С. СИЛИНА, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Оценка эффективности добавок в бетоне

Наряду с продуктами, разрабатываемыми и выпускаемыми целевым назначением для строителей, в качестве добавок к бетонам используют различные химические вещества, выпускаемые для других целей. Это побочные продукты, а также отходы различных отраслей промышленности (сельскохозяйственной, медицинской, пищевой и т. д.).

Эффективность добавок в бетоне оценивается различными методами, иногда значительно отличающимися друг от друга. В результате этого у потребителей часто возникают трудности в

объективной оценке эффективности добавок и при их выборе для применения на производстве. Это потребовало разработки единой методики оценки эффективности добавок в бетоне. Такая методика была разработана в двух направлениях — для вновь разрабатываемых и уже разработанных добавок в конкретных условиях производства.

Оценка эффективности вновь разрабатываемых добавок осуществляется организацией-разработчиком в лабораторных условиях.

Перед проведением эксперимента устанавливаются некоторые исходные па-

раметры добавки: химический состав, основной (предполагаемый) механизм действия, предполагаемые дозировки, возможные положительные эффекты (основной и дополнительные), возможные отрицательные эффекты, завод-изготовитель (или источник получения добавки), технические нормы, регламентирующие состав и свойства, стоимость (в пересчете на сухое вещество).

Оптимальный состав добавки отрабатывается на лабораторных образцах. Окончательная эффективность оценивается на партии добавки промышленного выпуска. Соблюдение этого условия

необходимо, так как сложности производственного процесса могут повлиять на качество добавки. Техническую эффективность добавки следует определять в сравнении с эталоном (бетоном без добавок) показателей качества. Окончательное заключение об эффективности добавки дается с учетом экономической оценки [1]. Исследуемые материалы должны отвечать требованиям соответствующих стандартов: цементы — ГОСТ 10178—76 и ГОСТ 22266—76; крупный заполнитель — ГОСТ 8267—82, ГОСТ 8268—82, ГОСТ 10260—82, ГОСТ 10268—80; мелкий заполнитель ($M_k=1,6...2,0$) — ГОСТ 8736—77, ГОСТ 10268—80; вода — ГОСТ 23732—79. Крупный заполнитель используется двух фракций 5...10 и 10...20 мм с соотношением 40:60% по массе. Если вид применяемого цемента (его вещественный или минералогический состав), а также природа мелкого или крупного заполнителя могут повлиять на эффективность добавки, эти параметры необходимо исследовать.

Подбор состава бетона без добавки производится на сухих заполнителях по ГОСТ 27006—86 любым апробированным на практике способом. Если состав бетона практически влияет на эффективность добавки, как, например, при использовании ускорителей твердения, то расход цемента принимается 320...350 кг/м³, при этом О.К. бетонной смеси равна 2...4 см. Если эффективность добавки зависит от расхода цемента, то этот фактор следует учитывать при проведении эксперимента. Так, пластификаторы в большей степени проявляют себя при высоких расходах цемента (500...520 кг/м³), а воздухововлекающие добавки наоборот, более эффективны при низких (270...290 кг/м³). При необходимости можно также изменять исходную подвижность бетонной смеси. Корректировка состава бетона с добавкой производится в соответствии с требованиями [2].

Бетонную смесь желательно готовить механизированным способом, обеспечивающим равномерность распределения добавки, однородность смеси, соответствие ее параметров нормативным требованиям. Дозирование материалов производится по массе с точностью $\pm 2\%$ для цемента, воды и добавки и $\pm 3\%$ — для заполнителей. Количество добавки назначается в процентах массы цемента в пересчете на сухое вещество добавки или 100%-ную жидкость. При этом следует иметь в виду, что различные дозировки некоторых добавок могут по-разному влиять на бетонную смесь и бетон. Добавки вводят в бетонную смесь с водой затворения.

Их можно применять в виде водных растворов, разбавленных эмульсий, суспензий.

Образцы изготавливают на стандартной виброплощадке. Для пропаренных бетонов необходимо по возможности соблюдать минимальную разницу в предварительной выдержке для эталона и бетона с добавкой, которая не должна превышать 15...20% времени самой выдержки (например, при выдержке 3 ч — не более 30...40 мин). Это особенно важно, так как время предварительной выдержки может повлиять на прочность бетонов, особенно после пропаривания.

Твердение эталонных образцов и образцов с добавками осуществляется в зависимости от цели исследования либо в камере нормально-влажного хранения по ГОСТ 10180—78, либо при тепло-влажностной обработке в соответствии с рекомендациями [3]. Прочность бетонов нормального твердения определяется в возрасте 3, 7 и 28 сут, а также в другом возрасте в зависимости от требований; прочность пропаренных бетонов — в соответствии с рекомендациями [3].

Определение различных свойств бетонов проводится по стандартным методикам либо (при отсутствии последних) по общепринятым.

Оценка эффективности добавки начинается с определения основного технического эффекта, для достижения которого данная добавка предназначена. Параллельно определяется оптимальное количество добавки. В ГОСТ 24211—80 указаны критерии эффективности добавок и условия сопоставления модифицированных бетонов с эталонным бетоном.

Иногда из-за отсутствия более эффективных добавок, а также для защиты окружающей среды от загрязнения предлагается использовать какие-либо отходы производства. В этих случаях допустимо применение добавки, эффективность которой ниже критерия оценки основного эффекта. Применение таких веществ требует технико-экономического обоснования.

Наряду с основным эффектом действия добавки определяют дополнительные положительные или возможные отрицательные эффекты. Если добавка эффективна, следует определить ее влияние на другие характеристики бетона в зависимости от цели применения и последующих условий эксплуатации конструкций.

Известно, что, улучшая одно из свойств бетонной смеси или бетона, добавки могут в некоторой степени ухудшить их другие свойства. Для выявления возможного отрицательного влияния до-

бавки обязательно изучение следующих свойств: для цементного теста — нормальной густоты, сроков схватывания, равномерности изменения объема; для бетонной смеси — подвижности (жесткости), водопотребности, водоотделения, растворотделения; для бетона — прочности на сжатие; для добавок, содержащих водорастворимые соли щелочных металлов, — образования высолов, взаимодействия реакционноспособного кремнезема со щелочами; для железобетона — коррозии арматуры. Если имеется уверенность в том, что добавка не ухудшает каких-либо свойств, то отказ от этих испытаний должен быть обоснован. Не разрешается применять добавки в бетонах, если не удовлетворяется требование равномерности изменения объема цементного теста, и в железобетоне, если они вызывают коррозию арматуры.

Возможны случаи, когда добавка негативно влияет на какое-либо свойство бетонной смеси или бетона, например, замедляет нарастание прочности на ранней стадии твердения при введении некоторых воздухововлекающих добавок, предназначенных для повышения морозостойкости бетона. В этом случае возможность использования добавки следует определять исходя из цели ее применения, уровня эффективности и последующих условий эксплуатации.

В окончательном варианте оптимальное количество добавки устанавливается на основании анализа совокупности как положительных, так и отрицательных эффектов. Объем проведенных испытаний должен гарантировать воспроизводимость полученных результатов.

В связи с тем, что на производстве возможны ошибки в дозировке добавок, полезно исследовать влияние дозировок, в 1,5...2 раза меньших и больших по сравнению с оптимальной.

Негативные явления, которые могут наблюдаться при введении той или иной добавки, предлагается нивелировать использованием комплексных добавок. Исследование их эффективности производится по тому же принципу, что и индивидуальных добавок, но с учетом расширения перечня исследуемых характеристик. Иногда при использовании комплексных добавок необходимо установить совместимость их отдельных компонентов. Этот параметр определяется экспериментально с учетом последовательности и условий дозирования составляющих добавки.

При исследовании добавок в обязательном порядке нужно получить данные по их токсичности, взрыво- и пожа-

роопасности. Применение токсичных и взрывоопасных добавок следует исключить или ограничить, указав области их применения и правила безопасности при работе с ними. При этом к применению на производстве могут быть допущены только добавки, на которые имеется разрешение санэпидемстанции или других компетентных организаций.

После исследований проводится технико-экономический расчет с учетом эффективности добавки, ее стоимости, транспортных расходов на доставку и т. д. Затем составляется отчет, в котором необходимо отразить все данные, полученные в процессе проведения эксперимента, в том числе положительные и отрицательные характеристики добавки. Особое внимание следует обратить на технико-экономическую оценку, перспективы выпуска и рациональные области применения добавки.

На основании отчета разрабатываются предварительные рекомендации, которые вместе с отчетом передаются на завод или стройку, где предлагается опытное внедрение добавки.

Заводские испытания производят в лабораторных условиях на опытной партии добавки, имеющей заводской паспорт или техническую характеристику организации-разработчика. Их проводят применительно к конкретной технологии производства на материалах, используемых на предприятии. Эффективность добавки определяется по сравнению с эталоном, которым могут быть бетонная смесь или бетон без добавки либо с добавкой, ранее применяемой на данном предприятии. Целью испытаний являются уточнение оптимальной дозировки добавки, ее эффективности в данных условиях, определяемых применяемой технологией, уточнение влияния добавки на дополнительные свойства бетонов, требования к которым отражены в технической документации.

При получении положительных результатов лабораторных испытаний работу продолжают в производственных условиях, изготавливая на первом этапе 3...5 изделий. Далее производственный эксперимент расширяют до 150...200 м³ бетона. В процессе производственных

испытаний контролируют требуемые свойства бетонной смеси и бетона. Целесообразность применения добавки оценивается результатами технико-экономического расчета с учетом возможного улучшения условий труда рабочих.

Рекомендации по применению добавки в технологии бетона можно составлять только после проведения испытаний. В них должны быть четко отражены рациональные области применения добавки.

Такой единый подход к оценке эффективности добавок в бетоне позволит строителям более широко и квалифицированно использовать их в промышленности сборного и монолитного бетона и железобетона с максимально возможным эффектом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рекомендации по технико-экономической оценке применения добавок в бетоне. — М.: НИИЖБ, 1985. — 79 с.
2. Руководство по применению химических добавок в бетоне. — М.: Стройиздат, 1981. — 55 с.
3. Рекомендации по тепловой обработке тяжелого бетона с учетом активности цемента при пропаривании. — М.: НИИЖБ, 1984. — 21 с.

УДК 666.972.16

О. В. КУНЦЕВИЧ, д-р техн. наук, В. Б. ФЕДОРОВ, О. Е. МАКАРЕВИЧ, кандидаты техн. наук (ЛИИИЖТ); В. В. ГОРЫШИН, Н. Н. ТЕЛЕНКОВ, Д. И. ТИХОНОВ, инженеры (Ленметрострой)

Внедрение суперпластификатора С-3 при изготовлении колонн и ригелей для метрополитена

В настоящее время для колонн и ригелей — основных конструкций станций колонного типа глубокого заложения Ленинградского метрополитена используется легированная высокопрочная сталь. Однако в связи с ее дефицитом и трудоемкой многоступенчатой технологией изготовления элементов все настоятельнее ставится вопрос о применении железобетона для таких конструкций.

В связи с этим была поставлена задача установить на одной из строящихся станций подобного типа опытную партию колонн и ригелей из железобетона.

В разработанном в Ленметрогипротрансе проекте для таких конструкций был предусмотрен бетон класса В40, получаемый при использовании высокопластичных бетонных смесей с О. К. 12...14 см, укладываемых в форму с помощью глубинных вибраторов,

Для решения поставленной задачи были использованы исследования, выполненные на кафедре строительных материалов ЛИИЖТа совместно с лабораторией завода ЖБКид Ленметростроя на материалах, используемых в тубинговой технологии.

В результате были подобраны составы бетонов с добавкой суперпластификатора С-3, имеющих подвижность бетонной смеси по осадке стандартного конуса О. К. 10...16 см, а среднюю прочность при сжатии в возрасте 28 сут от 60 до 75 МПа.

При изготовлении конструкций в качестве вяжущего использовали цемент Пикалевского завода марки 400 и 500 с активностью по данным лабораторных испытаний от 43,8 до 51,3 МПа. Мелким заполнителем служил горный песок, полученный отсевом частиц крупнее 5 мм из песчано-гравийной смеси (ПГС). В качестве крупного заполните-

ля применяли гранитный щебень двух фракций: 3...10 мм — 10 и 10...35 мм — 90%.

Пластифицирующая добавка — суперпластификатор С-3 двух видов: Новомосковского ПО «Оргсинтез», полученный НИИЖБом в виде порошка, и готовый водный раствор С-3 Сланцевского комбината «Стройдеталь» (цех № 3).

Номинальный состав бетона по массе при изготовлении конструкций следующий: 1:1,28:2,09; В/Ц=0,30. Расход цемента составлял 520 кг/м³ бетона, а добавки С-3 — 0,6% массы цемента в пересчете на сухое вещество.

Бетонную смесь приготавливали на заводе ЖБКид Ленметростроя по тубинговой технологии, которая включала использование мытого и фракционного гранитного щебня, промытого горного песка с перемешиванием в бетономесителе принудительного действия в течение 2 мин.

Колонны и ригели бетонировали в три слоя, поскольку высота их сечения составляла около 1 м, и они были густо армированы стальной арматурой. Каждый слой смеси уплотняли одновременно несколькими глубинными вибраторами с диаметром головки от 35 до 50 мм. Общий объем смеси для изготовления одной колонны составлял 2,6 м³, а для ригеля — 3,1 м³. Перерыв во времени бетонирования отдельных слоев был равен в среднем 20 мин.

Чтобы не подвергать твердеющий бетон отрицательному влиянию заниженных температурно-влажностных параметров заводского цеха, осуществлялась его обработка водяным паром в течение первых суток после изготовления колонн и ригелей. Пар подавали под брезентовое покрытие изделий, поддерживая там высокую влажность и температуру воздуха, равную 30...40°C.

Качество бетона контролировали путем определения прочности при сжатии контрольных образцов-кубов с ребром 10 и 15 см, отформованных из бетонной смеси с помощью вибрации. При бетонировании колонн и ригелей из каждого слоя отбирали по три образца-близнеца, твердение которых происходило в условиях, аналогичных твердению изделий.

Показатели прочности бетона контрольных образцов (см. таблицу) отвечают проектному классу В40, поскольку для его обеспечения при соответствующем коэффициенте вариации 12% тре-

Наименование конструкций	Средний предел прочности при сжатии кубов, МПа, в возрасте, сут		
	1	7	28
Колонна № 1	29,5	51,1	55,6
Колонна № 2	44,0	56,2	61,1
Ригель № 1	35,7	52,3	61,4
Ригель № 2	47,7	59,3	63,1
Колонна № 3	49,4	57,2	62,1
Колонна № 4	48,6	51,1	63,0
Колонна № 5	—	59,3	61,3
Ригель № 3	43,5	53,8	67,2
Колонна № 6	45,4	50,7	61,4
Колонна № 7	49,2	51,6	73,8
Колонна № 8	54,5	71,9	81,2
Ригель № 4	36,0	48,0	52,8
Ригель № 5	31,1	44,5	52,9
Ригель № 6	34,8	51,6	54,9
Ригель № 7	35,0	49,9	52,9
Ригель № 8	—	43,3	59,2
Ригель № 9	—	49,2	60,4
Ригель № 10	42,0	51,1	68,8

буется иметь среднюю прочность при сжатии в возрасте 28 сут всего лишь 50 МПа.

Как показали наивысшие результаты (колонны № 7 и 8), бетон имеет резерв прочности, позволяющий перейти в расчете таких конструкций еще на более высокий класс, например В55, что приведет к снижению материалоемкости. Однако для этого необходимо обеспечить поставку цемента не ниже марки 500 и использовать только высококачественные заполнители.

Особо следует отметить, что введение суперпластификатора С-3 дало возможность получать при низких 0,30...0,31 В/Ц бетонные смеси, обладающие хорошей удобоукладываемостью, имею-

щие после затвердевания не только высокую марочную прочность, но и обладающие сравнительно высокой ранней прочностью.

При массовом производстве таких конструкций появится возможность осуществлять ранее раскрытие форм, что повысит их оборачиваемость.

Таким образом, вся опытная партия из 8 колонн и 10 ригелей по качеству бетона и внешним характеристикам отвечала предъявляемым требованиям и была установлена вместо аналогичных металлических конструкций на одной из строящихся станций Ленинградского метрополитена.

Окончательное заключение о несущей способности таких колонн и ригелей в условиях эксплуатации может быть дано лишь после соответствующего их наблюдения — внешнего и по показаниям установленных датчиков через некоторое время, в течение которого нагрузки от горного давления достигнут расчетного значения.

На составы бетона и технологию бетонирования с участием НИИЖБа разработаны «Временные технические условия на изготовление опытной партии железобетонных колонн и ригелей». После окончания натурных испытаний колонн и ригелей и внесения частичных изменений в их конструкции и монтаж технические условия будут уточнены для серийного производства этих изделий.

УДК 691.327:620.193.8

Ф. М. ИВАНОВ, д-р техн. наук, проф., Е. Л. РОГИНСКАЯ, канд. техн. наук (НИИЖБ); В. А. СЕРЕБРЕНИК, инж. (МИСИ); В. В. ГОНЧАРОВ, канд. техн. наук (КИСИ)

Биоцидные растворы и бетоны

Придание бетону специальных защитных свойств за счет введения в его состав химических добавок позволило повысить долговечность железобетонных конструкций и улучшить их санитарно-гигиенические свойства. Это особенно актуально для строительства производственных сельскохозяйственных зданий. Контакт поверхности железобетонных конструкций с органическими средами, в которых проходят различные биологические процессы от действия продуктов метаболизма микроорганизмов и наиболее типичных биоорганизмов, вызывает

коррозию бетона. Кроме того, на поверхности строительных конструкций со следами органических веществ поддерживается жизнедеятельность микроорганизмов, патогенных по отношению к человеку и сельскохозяйственным животным.

Введение в бетон добавок, придающих ему биоцидные свойства, может предотвратить коррозию бетона под действием биологических организмов и создать в помещениях более благоприятную санитарно-гигиеническую обстановку [1].

Наиболее распространенными микро-

организмами, наносящими вред строительным конструкциям, являются низшие растения — грибы [2]. В последнее время были проведены исследования по применению биоцидных бетонов на предприятиях хлебопекарной и мясомолочной промышленности.

На хлебопекарных предприятиях органическая коррозия, проявляющаяся в распространении низших грибов на поверхности строительных конструкций, вызвана оседанием мучной пыли, адсорбирующей влагу. Температурно-влажностный режим производства характеризу-

ется следующими параметрами: средняя температура воздуха цехов 20...30°C, относительная влажность 75%, воздух значительно загрязнен мучной пылью.

В помещениях мясоперерабатывающих комбинатов строительные конструкции подвержены воздействию таких органических соединений, как кровь, экскременты животных, жир, жировые эмульсии, мясной бульон. Плесневые грибы развиваются главным образом на внутренней поверхности конструкций цехов. Образование грибного мицелия наблюдается на оштукатуренных и окрашенных стенах, а иногда и непосредственно на поверхности бетона. Плесневые грибы используют в качестве источников питания готовые органические соединения, которые являются питательной средой для распространения и интенсивного роста микроорганизмов. В процессе метаболизма они выделяют различные органические кислоты, коррозионно-опасные для бетона и арматуры. Среди них лимонная, щавелевая, уксусная, яблочная и др. [1].

Воздействие органических кислот вызывает снижение поверхностной прочности бетона, разрыхление его наружного слоя, осыпание штукатурки, частичное разрушение стен и потолков. Образование налета плесени на поверхности конструкций, цвет которой зависит от вида грибов, значительно ухудшает внешний вид помещений, их санитарно-гигиеническое состояние.

Биологической особенностью этих микроорганизмов является их высокая устойчивость к перепадам температуры, влажности, значению рН, дефициту источника питания. Этим объясняется их высокая распространенность в помещениях с различным температурно-влажностным режимом.

Защита бетона строительных конструкций от биоповреждений имеет свою специфику. Наиболее универсальным, эффективным и технологически простым способом защиты является введение с водой затворения в состав растворов или бетонов добавок биоцидов, т.е. веществ, препятствующих появлению и распространению бактерий и грибов [3].

Биоциды по биологическому действию классифицируются на бактерициды — для защиты от гнилостных, слизеобразующих, кислотообразующих и других бактерий, фунгициды — для защиты от поражения плесневыми грибами и альгициды — для защиты от обрастания водорослями гидротехнических сооружений.

В качестве биоцидной добавки в бетон использовали катапин-бактерицид, относящийся к группе четвертичных аммониевых катионовых поверхностно-активных веществ. Он имеет ярко выра-

Показатель	Концентрация латекса, % массы цемента			
	0	0,01	0,1	1
Предел прочности на сжатие, МПа				
через 7 сут после ТВО	40,0	45,9	43,3	40,9
через 28 сут нормального твердения	43,5	43,5	42,3	38,3
Сроки схватывания, ч-мин				
начало	4—10	4—10	4—30	6—10
конец	5—50	5—50	6—10	10—50
Водопоглощение по массе, %	5,10	5,10	5,01	4,80
Коэффициент водостойкости	0,74	0,74	0,80	0,91
Зона задержки роста культуры плесневых грибов, мм	нет	6—7	10—15	роста нет

женные фунгицидные и не ярко — бактерицидные свойства [2].

Введение 2,4...2,75 л катапина-бактерицида на 1 м³ раствора или бетона обеспечивает им бактерицидность к золотистому стафилококку, синегнойной палочке и др.; введение 2,75...6,5 л — также фунгицидность к аспергиллам, пенициллиям, кладоспориям и др.

Бетоны и строительные растворы с такой добавкой применяют при строительстве животноводческих помещений [4], предприятий хлебопекарной, пивоваренной, мясоперерабатывающей промышленности, медицинских учреждений [2]. Экономический эффект от применения бетонов с добавкой катапина-бактерицида в конструкциях полов животноводческих помещений в совхозе Курсаково Московской обл. составил 114 р. 65 к. на 100 м² поверхности пола. Вследствие большей биостойкости увеличены сроки службы помещений, улучшены их санитарно-гигиенические показатели.

В последнее время все большее распространение получают биоциды на основе оловоорганических соединений. Их используют в качестве пестицидов в сельском хозяйстве, в производстве не обрастающих красок для судов, а также в качестве пропиточных составов для пористых и волокнистых материалов на основе целлюлозы от повреждения плесневыми грибами и грибостойких водоэмульсионных красок. По сравнению с известными биоцидами оловоорганические соединения имеют широкий спектр биоцидного действия (активны по отношению к бактериям, грибам, обрастателям, насекомым), способны защищать от биоповреждений различные материалы (древесину, бетон, полимеры, краски, бумагу и др.), не вызывают коррозии металлов, обладают невысокой токсичностью по отношению к теплотров-

ным, так как соединения разлагаются в окружающей среде до нетоксичного диоксида олова [5].

В качестве биоцидной добавки в бетонную смесь для защиты от поражения плесневыми грибами исследовали латекс АБП-40. Он представляет собой молочно-белую жидкость плотностью 1,080...1,085 г/см³ с массовой долей сухого остатка 38±2%, рН=7,0...7,5, негорюч, невзрывоопасен, растворим в воде. Водные растворы латекса в концентрации 0,001...0,01% обладают токсичностью по отношению к тест-культурам плесневых грибов *Aspergillus Niger*, *Asp.terreus*, *Penicillium ciclorium*, а также микроорганизмам, выделенным на поверхности конструкций при обследовании отдельных предприятий пищевой и мясомолочной промышленности. Латекс АБП-40 обладает устойчивостью и не гидролизует при рН=12,0...12,5. Его водные растворы хорошо совмещаются с компонентами бетонной смеси. Добавку вводят с водой затворения на стадии приготовления бетонной смеси в концентрации 0,01...1% массы цемента. Изучали влияние добавки на биоцидные, а также физико-механические свойства бетона.

На образцах-кубах с ребром 10 см из бетонной смеси определяли прочность, водопоглощение, коэффициент стойкости, а в образцах размером 1×1×3 см из цементно-песчаной части бетонной смеси — стойкость к воздействию плесневых грибов. Часть образцов подвергали тепловлажностной обработке по режиму 3+3+6+3 ч при температуре 80°C.

Для испытания образцов использовали такие культуры плесневых грибов, как *Aspergillus Niger*, *Asp.terreus*, *Penicillium sp.*, *Trichoderme viride*, которые высевали в твердой питательной среде Чапека-Докса. На зараженную спорами грибов поверхность накладывали образцы из цементного раствора размером 1×1×3 см на равном расстоянии друг от друга. После выдерживания в течение 7 сут измеряли зону задержки роста плесневых грибов по периметру образца. Тепловлажностная обработка не снизила биоцидной активности добавки. Состав бетона: портландцемент марки 400—360; песок — 750; щебень — 1230 кг/м³; вода — 180 л/м³. Подвижность бетонной смеси 2 см.

Данные таблицы показывают, что введение 0,01...0,1% латекса АБП-40 не снижает физико-механических свойств бетона. Лишь десятикратное увеличение дозировки до 1% на 11...12% снижает прочность, одновременно повышая коэффициент водостойкости.

Интересна возможность придания биоцидных свойств бетону путем введе-

ния в его состав N-арилзамещенных малеаминовых кислот и их имидов. Добавки на основе этих соединений вводят в бетонную смесь в твердом дисперсном виде.

Малеимиды предотвращают обрастание днищ кораблей, рыболовного оборудования. Введение соединений на основе имидов в состав материалов, используемых для защиты пищевых продуктов от поражения плесневыми грибами [6], устраняет проблему токсичности для человека. Фунгицидные свойства этих веществ исследовали на тест-культурах плесневых грибов: *Aspergillus Niger*, *Asp. terreus*, *Pen. ciclorium*. Фунгицидные концентрации составляли 0,001...0,01%. Высокодисперсный порошок (имиды) тщательно перемешивают с цементом и песком, а затем сухую смесь затворяют водой. Физико-механиче-

ские показатели бетонов с этими добавками не отличаются от показателей составов без добавок.

Выводы

Бетоны с биоцидными добавками обладают повышенной стойкостью к коррозии при действии микроорганизмов и улучшают санитарно-гигиенические условия в помещениях различного назначения.

Применение биоцидных (фунгицидных) бетонов на основе катапина-бактерицида эффективно для профилактики образования плесени различного вида в помещениях хлебопекарной и мясоперерабатывающей промышленности, а также в животноводческих помещениях.

Расширение номенклатуры фунгицидных препаратов за счет привлечения новых классов различных соединений требует организации комплексных ис-

следований с участием химиков, микробиологов, токсикологов и технологов-строителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов Ф. М., Горшин С. Н. Биоповреждения в строительстве. — М.: Стройиздат, 1984. — 318 с.
2. Гончаров В. В. Биоцидные строительные растворы и бетоны // Бетон и железобетон. — 1984. — № 3. — С. 26—28.
3. Рекомендации по приготовлению и применению биоцидных строительных растворов и бетонов. — М.: НИИЖБ, 1987. — 22 с.
4. Рогинская Е. Л. Биоцидные бетоны для животноводческих помещений // Технология, расчет и конструирование железобетонных конструкций. — М.: НИИЖБ, 1986. — С. 104—107.
5. Заботин К. П. Полимерные биоциды // Биологические повреждения строительных и промышленных материалов. — Киев: Наукова думка, 1978. — С. 21—23.
6. N-арилзамещенные малеаминовые кислоты, их имиды, медные комплексы и их антигрибные свойства / Е. Г. Рухадзе, И. В. Злочевская, И. П. Витер и др.: Тез. докл. 2 Всесоюз. конф. по биоповреждениям. — Горький, 1981. — С. 266—267.

УДК 666.972.16:725.9

В. С. ГЛАДКОВ, В. Э. ВИНОГРАДОВА, кандидаты техн. наук (ЦНИИС Минтрансстроя СССР); В. В. ФРИДМАН, канд. техн. наук, Е. И. КОЛОКОЛЬНИКОВА, инж. (СКВ Главстройпрома); В. А. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ, канд. хим. наук (ГИАП)

Применение комплексной добавки для бетонов в транспортном строительстве

К железобетонным конструкциям транспортных сооружений предъявляются повышенные требования по долговечности бетона, в том числе морозостойкости.

В конструкциях мостов, водопропускных труб, опор контактной сети, выпускаемых на заводах ЖБК Минтрансстроя СССР, применяют бетоны марок F200 и F300. Многие конструкции эксплуатируются в агрессивных средах, например, плиты сборных дорожных покрытий, конструкции морских сооружений. При тех же марках морозостойкости в этих случаях необходимы особые меры по обеспечению долговечности конструкций, среди которых особое место занимает применение химических добавок.

Результаты исследований и опыт применения комплексных пластифицирующих и воздухововлекающих добавок показали, что при их введении можно получить оптимальную структуру бетона с наибольшей морозостойкостью. В качестве воздухововлекающей составляющей комплексной добавки можно использовать ЩСПК — щелочной сток производства капролактама, представляющий собой водный раствор натриевых

солей моно- и дикарбоновых кислот. Добавка является побочным продуктом производства капролактама.

Согласно ТУ 113-03-488-84 (с изменением) добавка выпускается двух марок: ЩСПК (ПО «Куйбышевазот» и Щекинское ПО «Азот») и ЩСПК-А (Гродненское и Кемеровское ПО «Азот»). Марка ЩСПК-А содержит дополнительно 3...6% по массе капролактама или капролактама в смеси с натриевой солью ϵ -аминокапроновой кислоты. Эта модификация предложена ГИАПом, ЦНИИСом и НИЛ СКВ Главстройпрома и отличается от ЩСПК большей воздухововлекающей способностью и повышенной устойчивостью к выпадению осадка из раствора при низких температурах. При введении 0,2...0,3% ЩСПК-А (в расчете на сухое вещество) количество вовлеченного в бетонную смесь воздуха составляет 3...5%, что позволяет обеспечить требования ГОСТ 26633—85 для бетона мостовых конструкций и дорожных плит.

Перспективно применение комплексной добавки С-3+ЩСПК-А, обеспечивающей высокие показатели по морозостойкости и прочности бетона при пониженном

расходе цемента. Ее можно получать путем предварительного смешивания водных растворов в заданных соотношениях из расчета принятых дозировок. Опыт показал, что хранение рабочего раствора комплексной добавки при положительной температуре свыше 10°C в течение 10...15 сут не приводит к образованию осадка.

Исследовали бетоны сборных железобетонных конструкций, подвергавшиеся тепловлажностной обработке по режимам, принятым на предприятиях в соответствии с рекомендациями НИИЖБа. Для экономии цемента без удорожания бетона количество суперпластификатора С-3 в составе комплексной добавки принято 0,3%, ЩСПК-А — 0,15...0,3% массы цемента (табл. 1).

Анализ полученных результатов по прочности бетона показывает, что избыточное количество ЩСПК в комплексе приводит к увеличению воздухоудержания бетонной смеси более 5% и сопровождается снижением прочности на 20%. Для ограничения содержания воздуха в бетонной смеси количество ЩСПК в составе комплексной добавки уменьшено.

Таблица 1

№ состава	Количество до- бавок, % массы цемента	Расход цемента, кг/ /м ³	В/Ц	О. К., см	Количество вовле- ченного воздуха, %	Прочность пропарен- ного бетона на сжа- тие, МПа		
						после пропа- ривания	в возрасте, сут	
							7	28
1	—	450	0,39	0,7	1,6	33,5	43,9	54,6
2	0,3 С-3 + 0,01 СНВ + 0,1 СДБ	400	0,38	5,5	8,8	33,7	40,0	54,7
3	0,15 ЩСПК+0,3 С-3	400	0,38	5,0	4,0	38,2	44,1	—
4	0,15 ЩСПК +0,3 С-3	350	0,42	1,0	4,0	33,3	38,6	46,7
5	0,3 ЩСПК-А +0,3 С-3	400	0,38	8,0	8,8	27,9	33,6	42,0
6	0,15 ЩСПК-А +0,3 С-3	350	0,41	1,5	4,4	33,5	38,0	54,7
7	0,15 ЩСПК-А* +0,3 С-3	400	0,38	3,0	4,0	33,2	44,5	49,8

* ЩСПК-А производства Кемеровского ПО «Азот», в остальных случаях — Гродненского ПО «Азот»; ЩСПК — ПО «Куйбышевазот».

Влияние комплексных добавок на структуру бетона определяли объемом условно-замкнутых пор по разности показателей водопоглощения под вакуумом и водонасыщения при атмосферном давлении (табл. 2).

Испытания проводили по методике СоюздорНИИ* замораживанием на воздухе при температуре —50°С и оттаивании в 5%-ном растворе хлористого

* Методические рекомендации по ускоренному контролю морозостойкости дорожного бетона. — М.: СоюздорНИИ, 1985. — 10 с.

Таблица 2

№ состава	Количество во- влеченного воздуха, %	Объем условно- замкнутых пор, %	Коэффициенты стой- кости после замо- раживания и оттаи- вания, циклы		
			30	50	80
1	1,6	1,60	0,46	—	0,27
2	8,8	3,30	0,95	0,32	1,10
3	4,0	4,00	0,88	0,90	0,94
4	4,0	4,70	1,05	0,92	—
5	8,8	4,66	1,00	0,94	0,97
6	4,4	3,30	1,00	—	0,97
7	4,0	3,10	—	0,95	0,99

УДК 693.542.4:691.54.003.13

М. В. МЛАДОВА, канд. техн. наук (НИИЖБ); М. С. БИБИК, инж. (з-д сборного железобетона № 1 ПСМО Промстроймонтаж, Минск)

Экономия цемента при использовании суперпластификатора С-3

(опыт заводов сборного железобетона Белоруссии)

На заводах сборного железобетона № 1 в Минске и № 2 в Мозыре, а также на Барановичском комбинате железобетонных конструкций ПСМО Промстроймонтаж суперпластификатор С-3 был внедрен совсем недавно — в 1987 г. Предварительно в соответствии с рекомендациями по использованию добавки и инструкцией по технике безопасности при работе с ней подготовлены емкости

для хранения добавки и приготовления рабочего раствора, а также траптов ее подачи и дозирования.

Условия работы названных заводов различны, но они изготавливают преднапряженные промышленные конструкции из бетонов классов В22,5...В45, ненапряженные изделия более низких марок, а также пустотные плиты.

На заводе СЖБ № 1 преднапряжен-

натрия. Пропаренные образцы начали испытывать в возрасте 7 сут. Бетоны, выдержавшие 30 циклов замораживания и оттаивания, соответствуют марке F200 при оттаивании в 5%-ном растворе NaCl.

Из табл. 2 видно, что все испытанные бетоны, кроме контрольного, обладают высокой морозостойкостью и соответствуют весьма высоким требованиям по морозостойкости.

На основании полученных результатов НИЛ СКВ Главстройпрома и ЦНИИСом разработаны рекомендации для опытного применения комплексной добавки С-3+ЩСПК-А при изготовлении конструкций транспортного назначения.

В настоящее время комплексная добавка внедрена на Тучковском, Орском и Бесланском заводах ЖБК при изготовлении бетона дорожных и аэродромных плит, опор контактной сети и автоблокировки, пролетных строений мостов, звеньев труб и других конструкций. Введение комплексной добавки С-3+ЩСПК-А повышает удобоукладываемость бетонной смеси и снижает водоотделение при использовании бетонных смесей с подвижностью 3...5 см.

При этом надежно обеспечены проектные марки по морозостойкости F200 и F300. Экономия цемента по сравнению с контрольным бетоном составила 10...15%. С увеличением поставок С-3 и ЩСПК-А опыт применения комплексной добавки будет распространен на другие предприятия.

вят в бетоносмесителях свободного падения. Закончено составление технической документации по полной реконструкции БСУ.

Замсна применявшегося ранее пластификатора УПБ суперпластификатором С-3 в оптимальной дозировке позволила увеличить подвижность смесей на одну марку, т. е. вместо О.К. 1...4 см применять смеси с О.К. 5...9 см, вместо О.К. 5...9 см — О.К. 10...15 см и т. д. При этом чем выше марка бетона и исходная подвижность смеси, тем больше экономия цемента, при этом существенно снижаются и трудозатраты.

На заводе используют быстротвердеющий цемент марки 500 и портландцемент марки 500 Волковьского завода, оптимальная дозировка добавки — 0,7% массы цемента. Для балок и ригелей из бетона класса В30 и В40 подвижность смеси увеличена с 4...6 до 5...9 см. Экономия цемента в среднем составила 50 кг на 1 м³ изделий (12%). Аналогичные показатели получены и при изготовлении плит КЖС.

Фермы из бетона тех же классов формируют из пластифицированных бетонных смесей с О.К. 10...15 см вместо 4...6 см. Экономия цемента составляет соответственно 30 и 70 кг/м³ (7 и 12%) для бетона классов В30 и В40. Для тонкостенных балок-складок, уплотняемых навесными вибраторами, используют бетонные смеси с О.К. 10...15 см вместо 10 см, при этом расход цемента уменьшен на 100 кг/м³ (17%).

Преднапряженные сваи формируют с помощью глубинных вибраторов в групповых стендовых формах, расположенных в ямных камерах. Предполагавшаяся ранее литевая технология их изготовления оказалась практически неосуществимой в условиях сокращения лимитов на цемент. Поэтому для свай было решено повысить подвижность смеси до О.К. 7...9 см без изменения расхода цемента, но со значительным снижением трудозатрат.

Для изготовления из бетона класса В22,5 элементов элеваторов было рекомендовано применять смеси с О.К. 20...25 см при сохранении расхода цемента 350 кг/м³. Такая подвижность оправдана, поскольку при большой высоте тонкостенных изделий позволяет практически не пользоваться глубинным вибратором. Экономии цемента в этом случае получено не было, хотя для смесей с О.К. 10...15 см достаточно было бы 325 кг цемента, а для смесей с О.К. 5...9 см — 310 кг, но в обоих случаях цементного теста становится недостаточно для заполнения пустот в песке и обеспечения нерасслаиваемости смеси.

Внедрение бетонных смесей, пласти-

фицированных добавкой С-3, повышенной подвижности позволило существенно облегчить работу формовщиков и сократить численность рабочих в бригадах. Тот же объем продукции производится меньшим числом рабочих, выросла их выработка, а следовательно, и заработная плата. Это позволяет снять вопрос о нехватке и текучести кадров, повысить требовательность к профессиональным качествам рабочих. Полученная экономия цемента окупает затраты на добавку и компенсирует сокращенную часть фондов. Все остальные статьи экономии должны дать реальную прибыль.

На Барановичском комбинате ЖБК изделия готовят в цехе в основном по агрегатно-поточной технологии. Немалую долю здесь занимают ребристые плиты размером 1,5×12 и 3×12 м из бетона классов В25...В45, колонны и ригели из бетона классов В30...В40. Эти конструкции формируют на площадках конструкции Олехновича, безраскосные фермы, а также сваи — с помощью глубинных вибраторов в стендовых формах, расположенных в ямных камерах. На полигоне формируют также уникальные плиты «Динакор» из бетона классов В40 и В42,5 с передаточной прочностью 80%. Для этого используют цементы Волковьского и Акмянского заводов, взаимодействие которых с суперпластификатором С-3 аналогично, также как и оптимальная дозировка добавки.

Для бетона класса В22,5 при одновременном повышении подвижности бетонной смеси на одну марку экономии цемента получено не было; тогда как для бетона класса В30 она составила 20 кг/м³ (4,5%); для бетона класса В40 и В45 — 80 кг/м³ (14%). По сваям получен такой же результат, как на заводе СБЖ № 1.

Плиты «Динакор» формовали с использованием С-3 из высокоподвижных смесей с О.К. 16...20 см с расходом цемента 640...660 кг/м³. Такие плиты являются тонкостенными объемными конструкциями, но поскольку они имеют преднапряженную арматуру, подвижность бетонной смеси для них может быть рекомендована не выше 15 см, а расход цемента — не более 600 кг/м³, чтобы избежать повышенной ползучести и усадки. При обеспечении названных условий расход цемента понижается для бетонов классов В40 и В42,5 соответственно до 560 и 600 кг/м³. Следует отметить, что применение более подвижных смесей и сокращение трудозатрат еще не используются на комбинате для сокращения общей численности рабочих, а повышение производительности труда не стимулируется.

При подготовке к использованию добавки С-3 на заводах ПСМО Промстроймонтаж были проверены также цементы Николаевского, Здолбуновского, Балаклйского и Кричевского цементных заводов. Техническая эффективность их работы с добавкой С-3 различна, как и ее оптимальная дозировка — она ниже, чем при работе с описанными выше цементами. Поиск экономически выгодных вариантов использования добавки С-3 для остальных заводов объединения, использующих перечисленные цементы, продолжается.

Установлено, что в бетонных смесях с суперпластификатором С-3 для бетонов классов В15 и В22,5 на цемент марок 500 и 400, как правило, требуемого по В/Ц минимального расхода цементного теста недостаточно для заполнения пустот в заполнителях. Чтобы уменьшить пустотность, необходимо вводить тонкодисперсный наполнитель (увеличить объем теста).

На величину оптимальной дозировки добавки сильно влияет вводимый при помоле лигносульфонат технический (ЛСТ). Начало структурообразования при этом настолько замедляется, что при пропаривании может наблюдаться вспучивание бетона. Это обнаружено на ряде цементов, например Ульяновского, Николаевского и других заводов.

Самый большой ущерб наблюдается при смешивании цементов на заводах. Система управления качеством продукции на заводе СБЖ уже давно настойчиво рекомендует ограничить до 200 т объем емкостей для хранения цемента для предотвращения их смешивания, однако предложения эти остаются невыполненными. Вместе с тем настоятельно рекомендуется спонтанно возникающие нарушения качества изделий — вспучивание, шелушение — ликвидировать не уменьшением оптимальной дозировки добавки, а более тщательным контролем расхода воды и режима ТВО.

Хотелось бы отметить не только частные, но и некоторые общие вопросы, стоящие перед промышленностью стройиндустрии в связи с широким использованием высокоэффективных пластификаторов и суперпластификаторов в технологии бетона.

Наиболее эффективно технически и оправдано экономически использование суперпластификатора С-3 в бетонах классов В22,5 и выше с В/Ц ≤ 0,6 при расходе цемента не менее 300 кг/м³. При большем значении В/Ц цементного теста может оказаться недостаточно для заполнения пустот в песке. То же самое относится и к литым (О.К. более 20 см) смесям, так как с увеличением подвижности расход щебня уменьшается за

счет расхода песка для получения нерасплаивающихся смесей.

При нехватке цементного теста для заполнения пустот необходимо использовать низкоактивное вяжущее либо применять тонкодисперсные минеральные добавки, а для повышения вододерживающей способности — добавки стабилизаторы.

Использование на заводах сборного железобетона добавки С-3 требует подготовки обогреваемых снаружи емкостей для ее хранения, а также для приготовления рабочего раствора. Необходимо также разработать новые дозаторы вместимостью до 50 л, поскольку дозировка С-3 с рабочей концентрацией 10% выше дозровок использовавшихся ранее пластификаторов.

С появлением в промышленности суперпластификатора С-3 НИИЖБ рекомендовал использовать его не только для экономии цемента. Этой экономии следует добиваться только при одновременном изменении технологии формования изделий, снижая трудозатраты, уровень шума и экономя все материальные ресурсы. Если сегодня за счет добавки С-3 можно получить максимальную экономию цемента без изменения технологии, то в дальнейшем увеличение расхода цемента для работы с более подвижными смесями вряд ли будет оправдано. Значит, технологию надо менять сразу, переходя на подвиж-

ные смеси и получая комплексный эффект.

В обязательном порядке необходимо уменьшать трудоемкость изготовления изделий для сокращения числа формовщиков с соответствующим увеличением зарплаты, что будет лучшей агитацией за новую технологию на основе суперпластификатора С-3.

Снижение стоимости С-3 без ухудшения его свойств для производителей очень важно. Одним из путей снижения стоимости является опробованное на заводе СЖБ № 1 введение совместно С-3 и УПБ с сохранением достигнутого от С-3 технического эффекта. Такой путь представляется перспективным и требует дальнейшей тщательной проработки, так как технический эффект смешанной добавки для всех цементов не однозначен.

Широкое использование добавок суперпластификаторов обострило проблему использования на цементных заводах в качестве интенсификаторов помола клинкера ЛСТ, так как дополнительное введение пластификаторов, в том числе и С-3, на заводах сборного железобетона нередко приводит к браку изделий. Необходимо ускорить внесение изменений в ГОСТ о порядке использования пластификаторов при помоле.

Серьезного внимания требует проблема создания низкоактивного вяжущего

с пониженным содержанием клинкера и повышенным — минерального наполнителя с соответствующим снижением стоимости. Потребность в таких цементах объясняется тем, что пластифицированные бетонные смеси с $V/C \geq 0,6$ без введения минеральных добавок не обладают необходимыми реологическими характеристиками, а бетоны из них имеют низкую однородность прочности и пористую поверхность.

Использование минеральных добавок на заводах сборного железобетона требует создания специального хозяйства по их заготовке, переработке, хранению и введению в бетонные смеси. Это требует немалых материальных и трудовых затрат. Увеличить использование зольных и шлаковых отходов в цементной промышленности на стадии приготовления вяжущего можно было бы с меньшими затратами. При этом общий объем цемента и помольных установок для него может остаться неизменным.

В настоящее время НИИЖБом выпущены «Рекомендации по применению добавок суперпластификаторов в производстве сборного и монолитного железобетона», а также в дополнение к ним разработаны «Рекомендации по расчету и корректировке составов бетонных смесей, модифицированных суперпластификатором С-3», которые помогут определить рациональные области и методы работы с добавкой.

УДК 666.972.16

Р. К. ЮСУПОВ, канд. хим. наук (ВНИИжелезобетон); В. З. КАРПИС, инж. (НИПТИ Мосмаш)

Добавки лигносульфонатов с пониженным воздухововлекающим действием

Усиление пластифицирующего действия лигносульфонатов — одно из основных направлений создания высокоэффективных пластификаторов. Достижению этой цели способствует подавление избыточного воздухововлечения в бетонную смесь при повышенных дозировках добавок. На этой основе разработаны и применяются на предприятиях стройиндустрии добавки МТС и НИЛ-21 [1]. Однако влияние воздухововлекающего действия добавок лигносульфонатов на их эффективность недостаточно изучено, а выбор тех или иных модификаторов, регулирующих воздухововлечение, про-

водится преимущественно на эмпирической основе.

Нами изучена взаимосвязь эффективности и воздухововлекающего действия лигносульфонатных добавок и создания на этой основе научно обоснованного метода подбора модификаторов.

В качестве объектов исследования использовали лигносульфонаты технические (ЛСТ) Архангельского ЦБК и Слоокского ЦБЗ по ОСТ 13-183-83, а модификаторами служили составы, близкие к известным по механизму действия, но отличающиеся от них по способности к подавлению избыточного воздухововле-

чения. Предварительную оценку этой способности проводили по коэффициенту вспенивания K 1%-ного раствора ЛСТ

$$K = V_1/V_0,$$

где V_0 — исходный объем раствора ЛСТ (100 мл); V_1 — его объем после вспенивания в быстросходном смесителе (5000 об/мин). Модификатор вводили в количестве 2..3% массы сухих ЛСТ. Лигносульфонатные добавки исследовали определением подвижности и воздухововлечения пластифицированных бетонных смесей и прочности бетона. В работе использовали бетон следующего со-

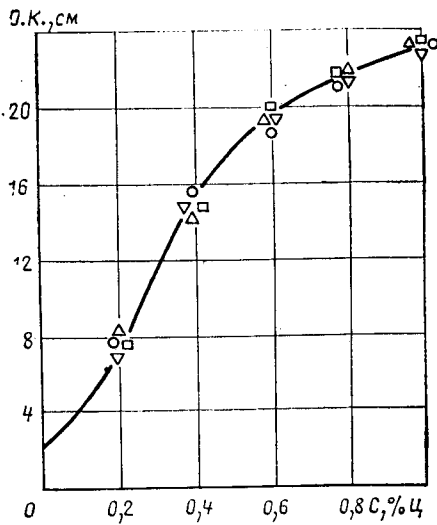


Рис. 1. Подвижность бетонной смеси на портландцементе завода «Гигант» М400 с пластифицирующими добавками
○ — НИЛ-21; □ — НИЛ-21 (ТЖ); △ — НИЛ-21 (Л); ▽ — НИЛ-21 (КОЖ)

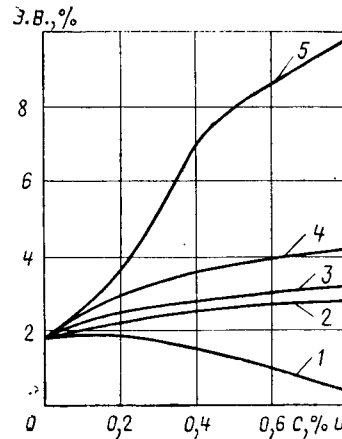


Рис. 2. Воздуховлечение бетонной смеси с пластифицирующими добавками
1 — НИЛ-21; 2 — НИЛ-21 (Л); 3 — НИЛ-21 (КОЖ); 4 — НИЛ-21 (ТЖ); 5 — ЛСТ Слооского ЦБЗ

става: Ц:П:Щ=1:2,14:3,19; расход цемента составил 350 кг/м^3 , воды — колебался в пределах $V/C=0,52...0,56$ и подбирался из условия получения подвижности (без добавки) 2...4 см. Для приготовления бетонной смеси использовали портландцементы цементного завода «Гигант» (Воскресенск, Московской обл.), Белгородского и Ульяновского цементных заводов, гранитный щебень Питкярантского карьера фракции 5...20 мм, песок Тучковского карьера с $M_k=2,1...2,3$. Испытания бетона на прочность проводили после твердения в нормальных условиях, а также после тепловлажностной обработки (ТВО) по режиму 3+3+6+2 ч; при температуре изотермического прогрева $80 \pm 5^\circ\text{C}$.

Исследования пенообразования позволили дифференцировать ЛСТ в зависимости от предприятия-поставщика и вида модификатора, а также отобрать составы для исследования в качестве добавок (табл. 1). Изучение воздуховлечения в бетонные смеси подтвердило правиль-

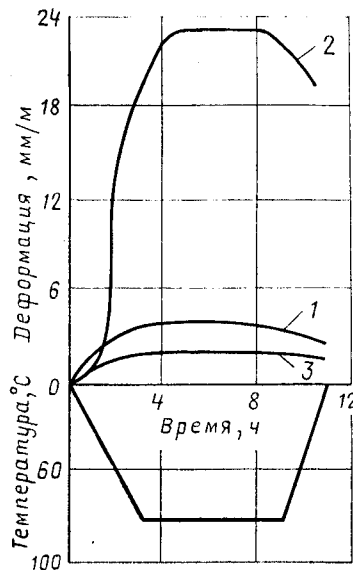


Рис. 3. Деформации бетона без добавок (1) и с добавкой ЛСТ (2) и НИЛ-21 (3) в процессе ТВО по режиму 2+3+6+2 ч (дозировка добавок 0,6% массы цемента)

ность предварительного отбора добавок по пенообразованию. Все модифицированные лигносульфонаты обуславливают снижение воздуховлечения в бетонную смесь по сравнению с добавкой ЛСТ* (рис. 1). Однако степень снижения изменяется в определенных пределах. Добавка НИЛ-21 обеспечивает уплотнение бетонной смеси, нарастающее с увеличением количества добавки. Применение других добавок не приводит к столь же глубокому уплотнению бетонной смеси. Более того, увеличение их количества обуславливает некоторый рост воздуховлечения по сравнению с бетонной смесью без добавок: до 1% при введении НИЛ-21 (Л) и НИЛ-21 (КОЖ) и до 2...3% при введении НИЛ-21 (ТЖ). Воздуховлечение в бетонную смесь с добавками в конечном итоге предопределяет их эффективность при одинаковой пластифицирующей способности (рис. 2).

Введение добавки НИЛ-21 позволяет увеличить подвижность бетонной смеси без уменьшения прочности бетона от 2...4 до 18...24 см, НИЛ-21 (КОЖ) и НИЛ-21 (Л) — до 16...20 см, НИЛ-21 (ТЖ) — до 14...18 см. Это позволяет отнести все исследованные добавки к группе сильнопластифицирующих по ГОСТ 24211—80. Однако важно отметить и их различия. Так, добавка НИЛ-21 наиболее эффективна, что позволяет рассматривать ее с позиций принятой классификации как суперпластификатор. Добавки НИЛ-21 (Л) и НИЛ-21 (КОЖ) обеспечивают по сравнению с НИЛ-21 (ТЖ) более высокое пластифицирующее действие.

Причину различий в эффективности ЛСТ и модифицированных добавок следует искать в воздействии, которое оказывают добавки на формирование структуры бетона, особенно в условиях его ТВО [2].

Избыточно вовлеченный воздух всегда снижает прочность бетона. Его отрицательное воздействие усиливается при нагреве, в результате которого многократный рост давления в замкнутых пузырьках парогазовой фазы в теле твердеющего бетона вызывает растягивающие напряжения. Последние могут приводить к образованию трещин между пузырьками вовлеченного воздуха, рост которых завершается формированием трещиноподобных пор, расположенных параллельно открытой поверхности бетона. В направлении этой поверхности бетон увеличивается в объеме, вспучивается.

* В связи с тем, что при изучении добавок различных предприятий-поставщиков были получены тождественные или близкие результаты, здесь и далее представлены данные по добавкам Слооского ЦБЗ.

Таблица 1

Вид добавки	Наименование и нормативно-техническая документация на продукт	Характеристика состава	Коэффициент вспенивания 1%-ного раствора добавок	
			Слооского ЦБЗ	Архангельского ЦБК
ЛСТ	Пропинол Б-400 (ТУ 6-14-300-80)	—	1,8	1,4
НИЛ-21	—	Полиоксипропиленгликолевые эфиры <i>n</i> -бутилового спирта	1,0	1,0
НИЛ-21 (ТЖ)	Технические жиры морских млекопитающих и рыб (ГОСТ 1304—76)	Сложные эфиры глицерина и карбоновых кислот	1,3	1,2
НИЛ-21 (КОЖ)	Кремнийорганическая жидкость 115-99 (ТУ 6-02-994-76)	Полиэфир ортокремниевой кислоты	1,0	1,0
НИЛ-21 (Л)	Лапролы 3003 и 5003-2Б-10 (ТУ 05-1513-75)	Полиэфиры, получаемые конденсацией многоатомных спиртов с оксью пропилена	1,0	1,0

Отличия деформационного поведения бетона с добавками ЛСТ и НИЛ-21 в условиях ТВО весьма заметны (рис. 3). Максимальные деформации бетона с добавкой НИЛ-21 составляют 2...3 мм/м и близки к деформациям контрольного бетона. Деформации бетона с ЛСТ почти в 10 раз превышают указанные значения и составляют 19...25 мм/м. Это отражает глубину деструктивных процессов, происходящих в бетоне с добавкой ЛСТ и предопределяет его низкую прочность. Относительно небольшая деформация бетона с добавкой НИЛ-21 и бетона без добавки свидетельствует об отсутствии деструкции. Это полностью согласуется с тем, что прочность бетона, полученного из высокоподвижных бетонных смесей с добавкой НИЛ-21 (О. К. = 18...24 см), соответствует прочности контрольного бетона.

Ограниченное воздухововлекающее действие других добавок предопределяет некоторое уменьшение максимальной подвижности, которое может быть достигнуто без уменьшения прочности бетона. Положительной характеристикой добавок НИЛ-21 (Л), НИЛ-21 (КОЖ) и НИЛ-21 (ТЖ) является сочетание сильного пластифицирующего действия со способ-

Таблица 2

Вид добавки	Расход цемента, кг/м ³	В/Ц	О. К., см	Условия твердения	Морозостойкость бетона по ГОСТ 10060-87
—	450	0,51	8	ТВО	50
НИЛ-21	450	0,49	20	»	70
То же	450	0,42	4	»	200
—	450	0,47	7	Нормальные	100
НИЛ-21	450	0,43	21	»	100
НИЛ-21 (КОЖ)	450	0,43	22	»	300
—	465	0,45	4	ТВО	150
НИЛ-21 (ТЖ)	432	0,45	10	»	300
НИЛ-21 (Л)	418	0,44	11	»	200
—	570	0,47	10	»	150
НИЛ-21 (ТЖ)	513	0,41	21	»	300
НИЛ-21 (КОЖ)	513	0,41	20	»	300

ностью повышать морозостойкость бетона без редуцирования воды (табл. 2).

Выводы

Эффективность добавок ЛСТ увеличивается с уменьшением их воздухововлекающего действия. В частности, воздухововлечение в бетонные смеси с эффективными лигносульфонатными добавками не должно более чем на 1% превышать воздухововлечение контрольного

состава. При подборе новых составов добавок ЛСТМ рекомендуется учитывать вспениваемость водных растворов добавок, а также использовать модификаторы, обеспечивающие коэффициент вспенивания 1...1,2, но не более 1,3.

Приготовление добавок НИЛ-21 (Л), НИЛ-21 (КОЖ) и НИЛ-21 (ТЖ) не требует изменения оборудования и технологии, ранее разработанных для НИЛ-21 [3]. НИПТИ Мосмаш разработана нормативно-техническая документация на новые составы добавок и совместно с КТБ Стройиндустрия Минюгостроя СССР проектная документация на установки по их приготовлению.

Внедрение новых составов добавок НИЛ-21, основанных на использовании доступных модификаторов, расширяет возможности ее применения на предприятиях стройиндустрии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юсупов Р. К., Гольдштейн В. Л., Капис В. З. Повышение эффективности добавок лигносульфатов // Бетон и железобетон. — 1985. — № 10. — С. 14—15.
2. Малинина Л. А. Тепловлажностная обработка тяжелого бетона. — М.: Стройиздат, 1977. — 160 с.
3. Технология приготовления и применения добавок НИЛ-21 / В. И. Иванов, Н. Я. Ковалева, Р. К. Юсупов и др.: Реф. сб. / Промышленность строительных материалов Москвы. — 1984. — № 2. — С. 6—8.

УДК 666.972.16:66.097.4

Б. А. УСОВ, канд. техн. наук, А. А. ДОМОКЕЕВ, Е. А. УСОВ, инженеры (НИИЖБ); А. А. КАЛЫГИН, канд. техн. наук (ВЗИСИ)

Эффект предварительного активирования добавок в производстве железобетона

Одним из перспективных направлений интенсификации технологических процессов в строительной индустрии является химизация бетона. В настоящее время все большее предпочтение отдают химическим добавкам полифункционального действия, позволяющим получать бетоны с высокими технологическими и эксплуатационными характеристиками. Обычно полифункциональные добавки готовят путем смешивания отдельных монофункциональных добавок в необходимом соотношении. При этом следует строго регулировать состав комплексной добавки, преодолевать несовместимость компонентов и одновременно использовать несколько веществ, что усложняет технологию приготовления добавки.

Указанные недостатки устраняются при механохимической обработке добавок,

осуществляемой с помощью оборудования с различным принципом действия. Одним из наиболее доступных и перспективных видов такого оборудования является роторно-пульсационный аппарат (РПА).

В общем виде РПА представляет собой рабочую камеру цилиндрической формы, внутри которой расположены неподвижный статор и подвижный ротор, выполненные в виде дисков с пальцами, расположенными по концентрическим окружностям таким образом, что при вращении происходит попеременное совмещение прорезей между пальцами на роторе с прорезями и пальцами на статоре, причем в радиальном направлении. При высокой частоте вращения ротора в рабочей камере происходит пульсация потока с образованием кавитационных

пузырьков, схлопывание которых сопровождается высокой локальной температурой и давлением, способствующим дроблению частиц и гомогенизации обрабатываемой среды.

В производстве железобетона известно приготовление в РПА смазок и эмульсий добавок из труднорастворимых веществ (например, из кубовых остатков синтетических жирных кислот). Однако воздействие РПА на свойства пластифицирующих добавок в бетоне изучено недостаточно.

В связи с этим исследовали широко распространенный суперпластификатор С-3, лигносульфонаты технические модифицированные (ЛСТМ-2), фильтрат цитрата кальция (ФЦК) — побочный продукт производства лимонной кислоты. Несмотря на различие химического со-

става выбранных веществ, они являются органическими, ионогенными, гидрофильными, поверхностно-активными веществами и способны снижать поверхностное натяжение растворов.

Пластифицирующий эффект этих добавок в бетонной смеси обеспечивается адсорбцией молекул ПАВ на поверхности твердых частиц и создания вокруг них гидратных оболочек, что в свою очередь снижает внутреннее трение смеси и способствует ее разжижению.

Изучали влияние высокочастотной механической обработки растворов добавок на свойства бетонной смеси и бетона, определяя подвижность и воздухоудерживание бетонной смеси и прочность бетона, а также поверхностное натяжение жидкой фазы цементно-водной суспензии с активированной добавкой. В опытах использовали бетон, приготовленный на цементе марки 400 Воскресенского завода, кварцевом песке $M_k=1,83$ и гранитном щебне фракции 5...20 мм. Состав бетона соответствовал Ц:П:Щ:В=1:1,77:3,02:0,47.

В качестве факторов, характеризующих режим активирования, были приняты расход добавки, время обработки и размер зазора между ротором и статором РПА. Исследования проводили с использованием методов математического планирования эксперимента.

Полученные результаты (см. таблицу) показали, что при постоянной частоте вращения ротора наиболее значимым фактором активирования является размер радиального зазора между ротором и статором РПА. Оптимальное время обработки добавки составляет 3...5 мин для всех пластификаторов. Меньшая продолжительность активирования растворов снижает эффект от применения добавки, а обработка свыше 5 мин не улучшает свойства бетонной смеси и бетона.

Из таблицы видно, что использование

одинакового количества добавки, подвергнутой виброимпульсному активированию, при различных параметрах значительно влияет на характеристики бетона. Так, при радиальном зазоре между ротором и статором РПА, равном 0,2 мм, О.К. бетонной смеси с ФЦК и ЛСТМ-2 равнялась 10...12 см, в то время как подвижность смесей с этими добавками без обработки составляла (при оптимальной дозировке 0,2% массы цемента) соответственно 4...5 и 1...2 см для бетонной смеси без добавки. Прочность бетона после тепловлажностной обработки и твердения в нормальных условиях равнялась прочности бетона без добавки или превышала ее на 5...7%.

Полученный эффект объясняется, по-видимому, тем, что в результате обработки растворов добавок в РПА происходит дезагрегация коллоидных частиц, что приводит к увеличению сорбционной способности по отношению к цементным зернам, наиболее полному насыщению поверхности твердой фазы частицами добавки, к уменьшению внутреннего трения в бетонной смеси и увеличению ее подвижности. Об интенсификации адсорбции добавки свидетельствуют также результаты измерения поверхностного натяжения жидкой фазы цементно-водных суспензий. В приготовленной с неактивированной добавкой ФЦК суспензии поверхностное натяжение на границе раздела фаз «жидкость — воздух» равнялось 63,4 эрг/см², а с той же добавкой, обработанной при зазоре 0,2 мм, — 69,8 эрг/см². Разница в значениях коэффициента показывает, что концентрация ПАВ в жидкой фазе суспензии с неактивированной добавкой ФЦК выше, чем с активированной.

Определение воздухоудерживания свежесделанной бетонной смеси показало, что активирование ЛСТМ-2 и ФЦК при зазоре 0,2 мм повышает воздухоудерживание

в бетонную смесь. Причем, увеличение количества воздуха в смеси с 3 до 7% не сопровождается снижением прочности бетона, а при использовании ФЦК наблюдалось ее увеличение на 7...10%.

Рост воздухоудерживания бетонной смеси вызван тем, что при высокочастотной обработке происходит аэрация растворов добавок. Повышенное содержание воздуха в бетонной смеси, достигаемое при указанных параметрах активирования, обеспечивает создание в бетоне резерва условно-замкнутых пор, способствующих повышению морозостойкости бетона.

Увеличение радиального зазора РПА до 0,4...0,6 мм вызвало изменение эффектов ЛСТМ-2 и ФЦК в бетонной смеси и бетоне. Обработанные при этих параметрах добавки обладают равными с неактивированными пластифицирующими свойствами и обеспечивают практически одинаковое воздухоудерживание в бетонную смесь. Однако прочность пропаренного и твердевшего в нормальных условиях бетона с активированными при этих зазорах ЛСТМ-2 и ФЦК значительно возросла по сравнению с бетонами на основе необработанных добавок. Прирост прочности в этом случае составил 15...33%, а по сравнению с бетоном без добавки соответственно 23,5...34,5 и 32...40%.

Коэффициент поверхностного натяжения жидкой фазы цементно-водной суспензии с добавкой ФЦК в этом случае превышал аналогичные значения для необработанной и активированной добавки при радиальном зазоре 0,2 мм. Это свидетельствует об интенсивной адсорбции добавки цементом. Вместе с тем невысокая пластификация бетонной смеси и значительный прирост прочности бетона свидетельствуют о том, что свободная поверхность цемента недостаточно насыщена частицами добавки, в результате чего происходит более тесный контакт между цементными зернами.

Наиболее вероятно, что в результате обработки при радиальном зазоре 0,6 мм диспергирование коллоидных частиц добавки происходит в меньшей степени, чем при зазоре 0,2 мм, и, следовательно, не увеличивает количество этих частиц в единице объема раствора. Интенсификация адсорбционного процесса происходит в результате дезагрегации поверхностного слоя частиц добавки.

Результаты исследования свойств активированного С-3 показали, что виброимпульсная обработка незначительно изменяет его свойства. Это объясняется тем, что разжижитель С-3 представляет собой вещество с достаточно стабильными свойствами, обусловленными числом структурных звеньев в цепи его молекул,

Вид добавки	Расход добавки, % массы цемента	Зазор между ротором и статором, мм	Подвижность, см	Воздухоудерживание бетонной смеси, %	Прочность на сжатие, МПа			Коэффициент поверхностного натяжения жидкой фазы суспензии, эрг/см ²
					через 4 ч после ТВО	через 7 сут после ТВО	через 28 сут нормального твердения	
—	—	—	1—2	3,00	26,3	31,2	33,1	72,60
ЛСТМ-2	0,2	—	6	5,60	26,1	32,2	37,5	—
ЛСТМ-2	0,3	0,2	11—12	7,70	27,5	31,6	32,4	—
ЛСТМ-2	0,3	0,4	6—7	5,20	32,5	37,1	44,5	—
ФЦК	0,2	—	4—5	3,50	34,0	36,7	37,8	63,40
ФЦК	0,3	0,2	10—11	6,48	28,5	34,4	35,5	69,80
ФЦК	0,3	0,6	5—6	4,60	36,5	41,2	46,8	71,06
С-3	0,3	—	5—6	4,70	20,4	28,3	34,3	67,30
С-3	0,3	0,2	4—5	5,85	30,9	36,0	37,0	68,63
С-3	0,3	0,6	9	6,95	26,0	28,4	34,1	69,72

Примечания: 1. Приведенные результаты опытов подобраны из условия получения максимального пластифицирующего эффекта без снижения прочности. 2. Расход С-3 принят равным оптимальным расходам других добавок.

При изученных параметрах обработка этой добавки в РПА не изменяет строение ее молекул. Это свидетельствует о благоприятном действии на эффективность добавок-пластификаторов высокочастотной активации их растворов в РПА.

Использование механохимической об-

работки позволяет получить добавки полифункционального действия на основе однокомпонентного сырья. В то же время свойства получаемых добавок можно оперативно изменить варьированием параметров обработки в РПА.

Небольшие размеры и простота конструкции РПА позволяют легко вписать

аппарат в технологическую линию приготовления бетонной смеси при разработке новых интенсивных гибких технологий производства железобетонных изделий.

Технология предварительного активирования добавки ФЦК с применением РПА внедрена на предприятиях Агропромстроя МолдССР.

УДК 666.972.16.003.13

Л. И. ЛЕВИН, инж., В. Н. ТАРАСОВА, канд. техн. наук (ВНИИЖелезобетон);
Г. М. ТАРНАРУЦКИЙ, канд. техн. наук (НИИЦемент)

Опыт применения пластификатора ЛСТМ-2 при производстве сборного железобетона

В мировой и отечественной практике при изготовлении бетона используют пластифицирующие добавки на основе технических лигносульфонатов (ЛСТ), у нас в стране наиболее широко — в виде концентратов СДБ.

Оптимальное диспергирующее действие лигносульфонатов ЛС, соответствующее максимальному пластифицирующему эффекту в цементных растворах, наблюдается при введении ЛС с молекулярной массой $8 \cdot 10^3 \dots 20 \cdot 10^3$ [1]. По данным тех же авторов, использование ЛС с молекулярной массой более $15 \cdot 10^3$ не приводит к заметному воздухововлечению, но сопровождается снижением пластифицирующего действия; с понижением молекулярной массы количество вовлеченного воздуха растет.

Влияние ЛСТ на гидратацию цемента определяется наличием функциональных гидроксильных и карбоксильных групп, характеризующихся сильной адсорбционной активностью и препятствующих связи воды с кальциевыми центрами поверхности цемента [2]. Замедляющее действие на гидратацию цемента оказывают также содержащиеся в ЛСТ силовая и глюконовая кислоты [3].

При благоприятном сочетании фракционного и вещественного составов отдельные партии ЛСТ могут обладать свойствами эффективного пластификатора для бетона. Однако используемые в промышленности ЛСТ имеют полидисперсный фракционный состав, характеризующийся, как правило, повышенным содержанием низко- или высокомолекулярной фракции, что обуславливает нестабильность их свойств, вызывая пониженный пластифицирующий или повышенный воздухововлекающий эффекты. Повышенное воздухововлечение и замедление структурообразования в большей степени оказывают негативное влияние

Таблица 1

Вид добавки	Степень неоднородности $\overline{M}_w / \overline{M}_n$ *	Содержание фракций, %		
		< 10 ³	10 · 10 ³ ... 20 · 10 ³	> 20 · 10 ³
ЛСТ	9,1	50,8	20,7	28,5
ЛСТМ-2	6,6	46,2	30,2	23,6

* \overline{M}_w и \overline{M}_n — соответственно среднemasсова и среднечисловая молекулярные массы.

на свойства бетона, твердеющего в условиях тепловлажностной обработки, что сдерживало массовое внедрение ЛСТ в промышленности сборного железобетона.

Эффективность использования достигается при введении ЛСТ в состав комплексных добавок, включающих ускорители твердения и пеногасители [4]. Другим направлением улучшения технологических свойств ЛСТ являются их очистка, фракционирование или модифицирование [5]. При этом применение таких ЛСТ в составе комплексных добавок позволяет дополнительно повысить их эффективность. Однако внедрение комплексных добавок сдерживается дефицитом ускорителей твердения и пеногасителей.

Наиболее доступным и дешевым способом обработки ЛСТ является их хи-

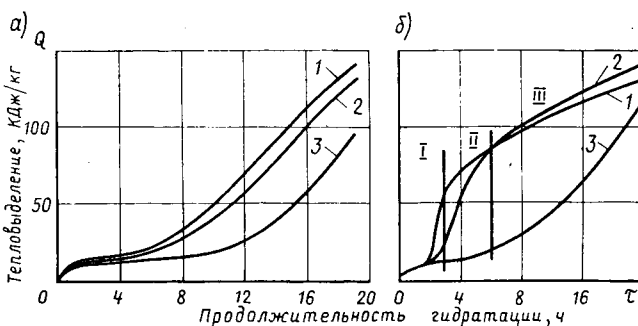
мическое модифицирование, позволяющее получать эффективные пластифицирующие добавки.

Обработка ЛСТ аминсодержащими веществами позволяет ввести в состав их молекул аминогруппы, что ослабляет замедляющее действие пластификатора [2] на скорость гидратации цемента (см. рисунок). Получаемые модифицированные продукты по сравнению с исходными ЛСТ характеризуются большим содержанием среднемoleкулярных и меньшим низко- и высокомолекулярных фракций, а также пониженной степенью неоднородности фракционного состава (табл. 1). Молекулярно-массовое распределение определяли методом гель-фильтрации.

Это приводит к стабилизации качества добавки, снижению ее воздухововлекающей способности и замедляющего действия на динамику прочности цементного камня и бетона.

Влияние ЛСТМ-2 иллюстрируется данными о бетонах на портландцементе марки 500, пропаренных по режиму (2)+ +3+6+2 ч при 80°C (табл. 2). Введение ЛСТМ-2 повышает подвижность бетонной смеси с 4...6 до 15...18 см без увеличения расхода воды и цемента и снижения прочности бетона, уменьшает водопотребность и расход цемента на 10...15% без изменения подвижности смеси и прочности бетона или повышает проч-

Кинетика тепловыделения с момента затворения при гидратации цемента с добавками в условиях нормального твердения (а) и пропаривания (б)
1 — цементное тесто без добавок; 2 — то же, с ЛСТМ-2; 3 — то же, с ЛСТ.
Периоды ТВО: I — предварительная выдержка; II — подъем температуры; III — изотермический прогрев при 80°C



ность бетона до 20% без увеличения расхода цемента. Это согласуется с обобщенными данными об эффективности использования пластификатора ЛСТМ-2 [6]. Практика показала, что без изменения расхода цемента в результате понижения В/Ц требуемую прочность бетона можно получить при сокращении общей продолжительности ТВО на 15...30% или понижении температуры изотермического прогрева на 10...20°C.

Введение ЛСТМ-2 снижает водоотделение и расслаиваемость бетонных смесей, повышает их морозостойкость. Бетоны с пластификатором классов В15...В30 выдерживают 300...500 циклов замораживания и оттаивания без снижения прочности. Даже значительное увеличение подвижности пластифицированных бетонных смесей с ЛСТМ-2 при правильном выборе дозировки добавки, состава бетона и режима ТВО, как правило, не снижает прочности пропаренных бетонов при неизменном В/Ц в отличие от бетонов без добавки.

Достижимая экономия цемента от использования пластификатора повышается с увеличением подвижности бетонной смеси и класса получаемого бетона (табл. 3).

Согласно ГОСТ 24211—80 с изменением № 1 ЛСТМ-2 относится ко второй группе пластифицирующих добавок (сильно пластифицирующие).

ЛСТМ-2 можно применять в тяжелых бетонах классов В7,5...В40 для сборных железобетонных изделий с обычной и преднапряженной арматурой, а также в товарных бетонных смесях. Эта добавка предназначена для изготовления сборных бетонных и железобетонных изделий широкой номенклатуры по агрегатно-поточной и стендовой технологиям, в кассетных установках, а также для производства напорных виброгидропрессованных труб. Использовать пластификатор можно и при конвейерной технологии производства при обеспечении предварительной выдержки изделий до ТВО.

Эффективные направления использования пластификатора ЛСТМ-2 освещены в работе [6]. Имеется промышленный опыт внедрения этой добавки для изменения продолжительности ТВО или температуры изотермического прогрева изделий путем снижения В/Ц в составе бетона.

Поставляемый с ЦБК пластификатор представляет собой однородный вязкотекучий раствор. С понижением температуры его вязкость повышается, а при температурах ниже 0°C он замерзает. В связи с этим в холодное время года добавку при разгрузке необходимо подогревать паром, подаваемым в глухие регистры, опускаемые в цистерну через

Таблица 2

Расход цемента, кг/м ³	Ц/Д	Количество до- бавки, % массы цемента	О. К., см	Содержание воз- духа, %	Прочность бе- тона на сжа- тие, МПа, по- сле пропарива- ния в воз- расте	
					1 сут	28 сут
275	1,50	—	5,5	1,2	17,0	23,6
275	1,50	0,15	15,0	2,4	17,4	24,2
250	1,50	0,15	6,0	2,7	16,8	23,0
275	1,65	0,15	5,0	2,2	19,5	26,9
330	1,75	—	5,0	1,0	22,2	31,0
330	1,75	0,15	16,0	2,2	21,8	30,6
300	1,75	0,15	5,5	2,4	21,6	30,2
330	1,95	0,15	6,0	2,0	26,7	36,1
425	2,25	—	6,0	0,9	31,4	41,5
425	2,25	0,15	17,0	2,0	30,2	40,7
375	2,25	0,15	6,0	2,2	30,4	40,0
425	2,50	0,15	5,5	1,9	36,5	48,6
475	2,50	—	4,5	0,9	37,5	49,5
475	2,50	0,15	18,0	1,8	38,7	48,6
420	2,50	0,15	5,0	2,2	36,9	48,0
475	2,70	0,15	4,5	1,8	41,5	55,2
550	2,75	—	5,5	0,8	42,5	53,6
550	2,75	0,15	18,5	1,6	42,0	52,5
470	2,75	0,15	5,5	2,1	41,0	52,0
550	3,10	0,15	5,0	1,6	49,5	62,0

Таблица 3

Марка бетон- ных смесей	Экономия цемента, кг/м ³ , в бетонах классов			
	В7,5— В12,5	В15— В20	В25	В30— В40
П ₁ — П ₂	15—30	20—35	24—45	30—60
Ж ₁ — Ж ₂	10—20	15—25	20—35	25—45

верхний люк. Одно-, двухразовое замораживание и оттаивание ЛСТМ-2 не влияет на его качество. Выгружают пластификатор из цистерны с помощью битумной установки ДС-134 либо битумного шестеренчатого насоса производительностью 20...30 м³/ч в очищенные утепленные емкости общей вместимостью не менее 80 м³. При разгрузке не следует разбавлять добавку водой.

Рекомендуемое количество ЛСТМ-2 для бетонов сборных изделий составляет 0,12...0,3% и для товарного бетона 0,15...0,4% массы цемента (в расчете на сухое вещество). Рабочая дозировка добавки устанавливается экспериментально при достижении наименьшего значения коэффициента расхода цемента ($K_{ц} = Ц/10R_6$) в бетоне данной марки из смеси требуемой подвижности.

В отличие от обычных бетонов при введении пластификатора ЛСТМ-2 долю песка в смеси заполнителей увеличивают при неизменной подвижности на 5...10% и повышенной — на 10...15%.

Пластифицированные бетонные смеси с ЛСТМ-2 сохраняют удобоукладываемость в течение 1...1,5 ч и при равной подвижности со смесями без добавки характеризуются лучшей формуемостью. Применение бетона с ЛСТМ-2 в естественных условиях не требует изменения режимов твердения.

При ТВО изделия необходимо предварительно выдержать не менее 2...3 ч и пропаривать при температуре не более 80 или 90°C в зависимости от применения соответственно портланд- или шлакопортландцемента.

Нарушение требований к технологии (в частности, передозировка добавки, неоптимальное содержание песка в смеси, несоблюдение условий ТВО) может снизить эффективность использования пластификатора.

Затраты на внедрение ЛСТМ-2 невелики [6]. Экономия цемента зависит от условий производства (см. табл. 3). Однако даже в бетонах низких и средних марок обеспечивается положительный экономический эффект. Наряду с экономией цемента на предприятиях повышается однородность прочности бетона и снижаются трудозатраты [6].

Выпуск пластификатора ЛСТМ-2 осуществляется централизованно Камским ЦБК и Слоокским ЦБЗ по ОСТ 13-287-85 и к 1990 г. должен быть доведен до 100 тыс. т.

ВНИИЖелезобетоном при участии НИИЦемента разработаны Рекомендации по применению пластификатора ЛСТМ-2 при производстве бетонных и железобетонных изделий и конструкций (М.: ВНИИЖелезобетон, 1988. — 29 с.).

Пластификатор ЛСТМ-2 можно заказать по прямому договору по адресам: 517070 Краснокамск Пермской обл., ул. Шоссейная, 11, Камский ЦБК. Тел.: 7-02; 229070 Латышская ССР, Юрмала-11, Фабрикас, 2. Слоокский ЦБЗ. Тел.: 63-24-69.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кобаяси А., Хаса Т., Сато К. О диспергировании и удержании воздуха лигносульфонатами // Эффект вовлечения воздуха лигносульфонатами. — Мокудай Гаккайси. — 1967. — Т. 13. — № 3. — С. 113—122.
2. Levin L. I., Tarnarytsci G. M. Modified ligninbase sulphonates in the materials on cement base // Proceeding of 8 International Congress on the chemistry of cement. — Rio-de-Ganeiro, 1986, Vol. 6, P. 503—506.
3. Milestone N. B. The effect fractions of calcium lignosulfonate of the hydration of tricalcium aluminate // Cement and Concrete Research. — 1976. — Vol. 6. — N 1. — P. 89—102 (США).
4. Иванов Ф. М., Ратинов В. Б., Тринкер Б. Д. Практический опыт и перспективы применения химических добавок для повышения качества бетона и железобетона. — М.: Стройиздат, 1977. — С. 12—22.
5. Tarnaroutski G. M., Grigorenova N. V., Telycheva G. M., Sergeeva V. N. Influence of chemical structure of lignosulfonates on hydration and plastification of cements // 7-th International Congress on the Chemistry of Cement. — Paris, 1980. — Vol. III. — P. 153—157.
6. Левин Л. И., Рахманов В. А., Тарнарукский Г. М. Эффективный пластификатор ЛСТМ-2 // Бетон и железобетон. — 1988. — № 3. — С. 13—14.

Формы для высокопластичных бетонов

Внедрение в промышленность сборного железобетона суперпластификаторов и, как следствие, применение литьевой технологии постоянно расширяется. В настоящее время по литьевой технологии производят не только ячеистые бетоны, но бетоны основных видов — на тяжелых и пористых заполнителях. Появилась настоятельная необходимость рассмотреть специфику машин и установок для этой технологии и в первую очередь форм, которые являются не только самым массовым и металлоемким, но и основным оборудованием, во многом определяющим качество железобетонных изделий [1].

В конструктивном решении форм при применении суперпластификаторов должны быть отражены особенности технологического процесса — полное или почти полное исключение вибрации и необходимость герметизации форм, заполняемых бетонной смесью с О. К. до 20 см.

Первое обстоятельство влечет за собой снижение или исключение динамических воздействий на форму в целом и детали замковых, шарнирных и т. п. соединений. При литьевой технологии форме не только не нужны подмагнитные плиты, что является положительным фактором, но представляется возможность перейти к более простым и удобным в эксплуатации креплениям. Самостоятельное значение имеет повышение надежности и долговечности формы из-за исключения динамической ее работы.

Нужно отметить, что исключение вибрации не может резко снизить расход стали на изготовление формы, поскольку остальные нагрузки и воздействия — от силы натяжения арматуры, массы бетона, перемещения по постам технологической линии, температуры и т. п. сохраняются в полной мере и при литьевой технологии, однако отсутствие подмагнитных плит позволяет заметно уменьшить металлоемкость формы. Так, по ГОСТ 25878—85 комплект из четырех плит имеет массу 266 кг, а из восьми — 532 кг. При массе формы 2000 кг исключение четырех магнитных плит снижает расход стали на 13,3%, а при массе 3500 кг исключение восьми таких плит экономит 15,2% стали. Таким образом, при уплотнении бетонной смеси без ме-

ханизмов станкового вибрирования масса формы снижается примерно на 15%.

Дальнейшее снижение ее массы, правда, не столь существенное, может быть достигнуто при проектировании с учетом снижения нагрузки на элементы формы при отсутствии вибрации. Особое значение имеет многократное (в 5...7 раз) уменьшение давления бетонной смеси на борта, что в некоторых случаях позволяет перейти на борта открытого профиля, имеющие меньшую массу, и отказаться от сравнительно тяжелых и трудоемких в изготовлении бортов замкнутого профиля.

При определенных условиях можно вернуться к клиновым соединениям вместо винтовых замков, получивших преимущественное распространение при вибрационной технологии. Однако на такие изменения можно переходить только в тех случаях, когда исключено использование форм при обычных методах уплотнения бетонной смеси. Возможны и другие изменения в конструкции форм — уменьшение числа ребер, поддерживающих настил, увеличение размеров ячеек настила поддона и бортов и т. п.

Условия работы оборудования при литьевой технологии создают предпосылки для более широкого применения переналаживаемых форм. Связано это с тем, что необходимое при вибрации жесткое крепление сменных элементов обычно выполняется на болтах, что приводит к трудностям при переналадке форм, а зачастую ведет к повреждению сопрягаемых деталей. При литьевой технологии можно ограничиться креплением сменных деталей на простейших фиксаторах или с помощью клиньев переналаживать формы без осложнений. Уменьшение требуемого числа форм и металлоемкости парка может быть оценено как одно из важнейших преимуществ технологии, предусматривающей применение суперпластификаторов.

При литьевой технологии необходима также герметизация формы, поскольку при неплотности примыкания ее отдельных элементов вытекает наиболее ценная растворная составляющая смеси. В дальнейшем это приводит к снижению плотности и прочности бетона обычно в

зоне расположения рабочей арматуры, потерям бетона, а значит, и перерасходу цемента, загрязнению нерабочих поверхностей форм и оборудования и др.

Более всего для этого приемлемы неразборные формы, у которых все борта приварены к поддону. Однако для извлечения железобетонных изделий необходимо, чтобы их боковые грани имели соответствующие технологические уклоны. Этому требованию отвечает ограниченное число изделий. Для изготовления изделий основной номенклатуры приходится применять формы частично разборные, с упруго работающими элементами, а также со всеми откидными (отдвигными, съемными) бортами. Следует отметить, что подавляющую часть парка форм на отечественных заводах составляют полностью разборные формы, которым противопоказана литьевая технология.

В разборных формах невозможно исключить зазоры в примыкании бортов к поддону и бортам противоположного направления. Не случайно ГОСТ 25781—83 допускает зазоры до 1,5 мм суммарной длиной до $\frac{1}{3}$ борта. Нетрудно представить, что в эксплуатируемых на заводах формах зазоры, как правило, превышают эту предельную цифру, и, следовательно, по литьевой технологии в них без проведения дополнительных операций формовать изделия просто невозможно.

Несколько лучше обстоят дела с частично разборными формами, у которых откидывается (отдвигается, снимается) только часть бортов перед извлечением изделия, а часть приварена к поддону. Среди частично разборных следует выделить формы с упруго работающими элементами, которые в наибольшей степени пригодны для изготовления изделий по литьевой технологии.

Формы с упруго работающими элементами при различных конструктивных решениях составляют особый класс, объединяемый одним показателем: свободное извлечение изделий из них происходит за счет упругой работы стали одного или нескольких элементов — бортов, поддона или вкладышей. Упругая рабо-

та стали может проявляться до расплавления изделия, так же и непосредственно при его извлечении. Конструкции такого типа описаны многократно, в частности в [2, 3]. Необходимо указать, что при организации производства с суперпластификаторами после полностью неразборных должны рассматриваться формы с упруго работающими элементами.

При применении частично и полностью разборных форм встает вопрос об их герметизации. Он достаточно сложен из-за ограниченного числа конструктивных и технологических решений. Наиболее простое решение, обеспечивающее герметизацию, — оформление стыков сопряжений элементов формы резиновыми или пластмассовыми уплотнителями. К сожалению, такой способ не всегда приводит к позитивным результатам из-за старения уплотняющего материала и недостаточно надежного его крепления. Имеется положительный опыт уплотнения форм, в том числе разработанных в ОПТП Энерготехпром и прошедших длительную апробацию на производстве.

Типовое решение с сопряжением любых элементов формы включает полосовую резину сечением 10×20 мм и гнутый неравнополочный уголок сечением 16×25 мм из стали ВСт3 толщиной 3 мм; длина уплотнителя и уголка соответствует длине стыка. Резиновая полоса закрывает зазор, а уголок закрепляет полосу в требуемом положении (рис. 1). При работе резина теряет эластичность, но не нарушает герметичность соединения, так как к этому времени полоса принимает очертание стыка. Практика свидетельствует о том, что такое уплотнение служит год и более, после чего резиновую полосу заменяют новой. Со специальной резиной срок службы уплотнителя намного возрастает.

Это подтверждает практика Лисичанского завода Строммашина, на котором серийно выпускают формы для санитарно-технических кабин. В формах стыки в месте примыкания наружных щитов уплотняют резиновыми пластинами из теплокислотоморозошечелочестойкой резины (по ГОСТ 7338—77) сечением 20×30 мм, фиксируемыми гнутыми уголками. Там же серийно выпускают формы для труб, в стыках полуформ установлены уплотнители из резинового шнура; шнуры закладывают в пазы, имеющие очертание ласточкиного хвоста.

В настоящее время уплотнители из

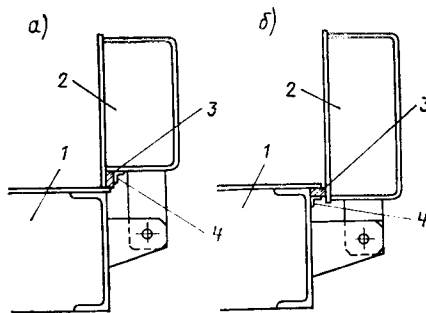


Рис. 1. Герметизация примыкания откидного борта к поддону с помощью эластичного уплотнителя
а — борт опирается на настил; б — борт прижимает к настилу сбоку
1 — поддон; 2 — борт; 3 — уплотнитель; 4 — гнутый уголок

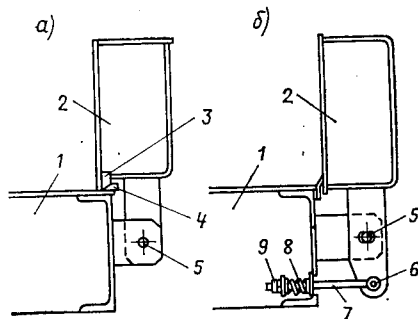


Рис. 2. Конструктивные решения, обеспечивающие герметизацию примыкания откидного борта к поддону
а — борт опирается на настил; б — борт прижимает к настилу сбоку
1 — поддон; 2 — борт; 3 — пластина со скошенной нижней гранью; 4 — клин; 5 — ось шарнира; 6 — палец; 7 — тяга; 8 — пружина; 9 — регулировочные гайки

эластичного материала являются основным способом герметизации частично и полностью разборных форм. Поскольку он не всегда достаточно надежен в работе, представляют интерес конструктивные решения, позволяющие герметизировать форму без резиновых или пластмассовых уплотнителей. Такие решения могут быть самыми различными.

На заводе ЖБИ № 18 ППО Моспромстройматериалы разработано решение (рис. 2,а), дополняющее сечение борта внизу полосой, нижняя грань которой скошена под углом 15° . После установки борта в рабочее положение снаружи под него подводят клин, верхняя грань которого на части ширины скошена под тем же углом. Уплотнительную полосу под бортом из клиньев составляют из отдельных деталей обычно толщиной 10 мм и длиной 500 мм. Детали подводят под борт, обеспечивая плотное примыкание двух скошенных граней, и при-

варивают снаружи к настилу поддона. Такое уплотнение особенно эффективно при наличии тяжелых бортов, когда создается дополнительное давление от их собственной массы.

В бывш. Минском филиале КТБ Стройиндустрия Минстроя БССР разработана конструкция, обеспечивающая герметизацию откидного борта, примыкающего сбоку к поддону [4]. Открывание и закрывание замков механизировано. При закрытых замках борт прижимается подпружиненной тягой, ширинно соединенной пальцем с кронштейном шарнира (рис. 2,б); при открытых — борт откидывается на требуемый угол.

Приемы герметизации включают обклейку стыков крафт-бумагой массой $60 \dots 80$ г/м² на жидком стекле, клейкой лентой, обрезками самоклеющихся обоев; заполнение зазоров в стыках пенополиуретаном, пластилином, нетвердеющими смесями и т. п. В США для тех же целей применяют погонажные изделия из пластмассы уголкового и таврового сечения. Технологические решения обычно достаточно надежны, но они трудоемки, а некоторые из них приводят к нарушению геометрии ребер изделий (в первую очередь это относится к стыкам, заполняемым теми или иными составами).

Таким образом, применение любого суперпластификатора и, как следствие, литевой технологии, существенно упрощает производство, исключая вибрационные, виброударные, ударные и т. п. уплотняющие механизмы, а также позволяя эксплуатировать переналаживаемые формы. Однако переход к этой технологии требует предварительной оценки конструкции и состояния находящихся в эксплуатации форм. В ряде случаев необходим капитальный ремонт всех или части форм или замена форм новыми, рекомендованными для работы по литевой технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Митник Г. С. Влияние конструкции и состояния форм на качество сборного железобетона // Обзор информ. — М.: ВНИИЭСМ, 1987. — 62 с.
2. Витман К. Я. Совершенствование конструкций стальных форм с упругими и упругопластическими элементами для производства сборного железобетона // Обзор информ. — М.: ВНИИЭСМ, 1984. — 35 с.
3. Дашевский Л. Я., Митник Г. С. Формы с упругоработающими элементами для производства железобетонных конструкций в энергостроительстве // Обзор информ. — М.: Информэнерго, 1987. — 32 с.
4. Валуевич В., Прокопович А. Форма-вагонетка для изготовления керамзитобетонных стеновых панелей // «Строительная индустрия». — М.: ЦБНТИ Минпромстроя СССР. 1986. — С. 17—19.

Н. К. РОЗЕНТАЛЬ, канд. техн. наук, Е. В. ЛЕВИЦКИЙ, В. В. РАБКИН,
Ю. П. СЕДОВ, инженеры

Морозостойкие бетоны из литых смесей с полифункциональными модификаторами

Морозостойкие бетоны на основе литых смесей могут быть получены при применении полифункциональных модификаторов (ПФМ). Последние позволяют сильно пластифицировать бетонные смеси без водоотделения при одновременном снижении расхода воды и вовлечении воздуха, распределенного равномерно в объеме в виде пор размерами 50...300 мкм.

Положительное действие на качество бетона оказывает создаваемая ПФМ тиксотропность смеси — повышенная величина предельного напряжения сдвига при малой динамической вязкости. Одновременное достижение часто взаимоисключающих свойств представляет определенные трудности и не достигается автоматически при применении пластифицирующих и воздухововлекающих добавок.

Были проведены испытания литых бетонных смесей и бетонов, приготовленных на конкретных материалах. Использовали портландцементы двух составов, характеристика которых приведена в табл. 1, песок кварцевый с модулем крупности 1,55 и 2,66, щебень из изверженных пород крупностью 5...20 мм.

Применялись ПФМ составов С-3+СНВ, порошкообразный продукт С-3+СДБ+ГКЖ-11, а также добавка ЛСТМ-2 Камского ЦБК по ТУ 13-04-600-84. При использовании различных добавок сроки схватывания цементного теста на портландцементе № 1 составили (ч-мин): С-3+СНВ (0,3+0,002%) — начало 6 ч 00 мин, конец — 7 ч 00 мин; ЛСТМ-2 0,3% — начало 8 ч 00 мин, конец 12 ч 00 мин; без добавок — начало 3 ч 00 мин, конец 5 ч 00 мин.

Значительно замедляет сроки схватывания цемента также ПФМ состава С-3+СДБ+ГКЖ-11. Замедляющее действие ПФМ неблагоприятно при производстве сборного железобетона, но оно может быть положительным фактором при возведении монолитных сооружений.

Большой объем испытаний бетонов с ЛСТМ-2, выполненных одним из авторов, показал, что эта добавка обладает сильным пластифицирующим действием при использовании портландцемента № 1.

Таблица 1

Портландцемент состава №	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	Щелочи в пересчете на Na ₂ O	Добавки
1	64,0	16,0	4,0	11,0	1,21	Шлак 6—13% или нефелиновый шлак 10—13%
2	60,7	12,2	7,3	11,9	0,87	Трепел 5% и молотый песок до 10%

Таблица 2

Дозировка, %	Расплав цементного теста, см, с добавкой		
	С-3	ЛСТМ-2	С-3+СДБ+ГКЖ-11
0,1	4,0	8,6	4,8
0,3	16,0	14,4	13,1
0,5	19,3	16,7	16,0
0,7	18,7	16,2	17,0
0,9	18,8	16,1	15,5

Однако результаты ее испытаний в ряде случаев противоречивы. Например, имеются данные о том, что введение 0,15% ЛСТМ-2 способно увеличить подвижность бетонной смеси от нормальной до литой консистенции, при этом прочность на сжатие в возрасте 28 сут бетонов нормального твердения и пропаренных понижается на 15...17%.

При высоких расходах цемента бетоны из равноподвижных смесей увеличивали прочность на 20% и более, однако в некоторых случаях рост не наблюдался. Это можно объяснить сильной зависимостью ее действия от изменяющихся технологических факторов. В частности, при пропаривании периодически наблюдается вспучивание бетона с падением прочности, что связано обычно с недо-

статочным предварительным выдерживанием изделий. Необходимы надежно контролируемые мягкие режимы твердения, а также учет изменяющихся свойств исходных материалов и т. п.

Для выбора оптимальной дозировки добавок предварительно на цементном тесте с В/Ц=0,35 с помощью мини-конуса по методике НИИЖБа* определяли пластифицирующее действие ПФМ (табл. 2) с использованием портландцемента № 1.

Пластифицирующее действие добавок в цементном тесте с увеличением дозировки увеличивается, затем снижается, что связано с расслоением теста при их избытке. Максимальный расплав цементного теста наблюдается с применением С-3, несколько меньший — с ПФМ, затем — с ЛСТМ-2. Дозировки, показывающие максимальный пластифицирующий эффект в цементном тесте, были приняты в качестве исходных добавок при подборе состава бетона. Дальнейшие испытания показали, что для бетонных смесей они являются завышенными, в частности, в ряде случаев вызывают водоотделение, поэтому их величина для бетонов была уменьшена.

Литые бетонные смеси подбирали подвижностью, характеризуемой осадкой стандартного конуса не более 21...22 см, поскольку смеси большей подвижности легко теряли вовлеченный воздух и были склонны к расслаиванию.

Характеристика бетонной смеси и состава бетона на песке с $M_k=1,55$ и портландцементе № 1 приведены в табл. 3.

* Рекомендации по физико-химическому контролю состава и качества суперпластификатора С-3. — М.: НИИЖБ, 1984. — С. 15.

Таблица 3

Добавки	В/Ц	Ц, кг/м ³	В, л/м ³	О. К., см	V _{возд} , %	R ₂₈ , МПа	Ц, кг/м ³ R ₂₈ , МПа
С-3 0,3%+ СНВ 0,002%	0,56	350	196	21	6,2	28,4	12,32
То же	0,44	456	200	22	4,5	32,9	13,86
ЛСТМ-12 0,3%	0,47	449	213	21	6,7	34,8	12,78
ПФМ порошкообразный 0,7%	0,51	412	210	24	4,8	35,3	11,67
—	0,56	370	207	6,0	2,4	27,2	13,60
—	0,44	470	207	5,0	1,9	37,9	12,40

Испытания показали, что при смешивании растворов С-3 и СНВ происходит коагуляция, воздухововлекающее действие ПФМ ухудшается. Нормальное воздухововлечение наблюдалось, если С-3 и СНВ вводили в бетонную смесь раздельно с частью воды затворения. Смеси с осадкой конуса 20 ... 22 см при примерно равном расходе цемента получали, вводя 0,3% С-3 или 0,3% ЛСТМ-2. Подтверждено сильное пластифицирующее действие ЛСТМ-2 в бетонах на портландцементе № 1, получены связанные тиксотропные бетонные смеси. Водоотделение наблюдалось лишь при высоком В/Ц, равном 0,6.

Добавка ЛСТМ-2 вовлекает большое количество воздуха — 6,7%, при дополнительном введении СНВ объем его возрастал до 7,5 ... 9%, что понижает прочность и морозостойкость. Сравнение показателя Ц/R₂₈ для бетонов с различными ПФМ показывает, что, несмотря на литую консистенцию бетонных смесей и вовлечение воздуха, при применении ПФМ эффективность использования цемента не снизилась, а наименьший его расход для получения 1 МПа прочности получен с порошкообразным ПФМ и комплексом С-3+СНВ. Бетонная смесь с порошкообразным ПФМ обладала хорошо выраженной тиксотропией, водоотделение не наблюдалось даже при О.К. = 24 см.

Бетонные смеси с ПФМ состава С-3+СНВ=0,3+0,002% на песке с M_к=2,66 имели литую консистенцию, содержали 4 ... 5% воздуха, отличались пониженной водопотребностью. Характеристика бетонной смеси и бетона на портландцементе № 1 приведена в табл. 4. Эффективность использования цемента в этом случае на 10% выше, чем в бетоне на мелком песке.

Для испытаний на морозостойкость готовили образцы из бетона на портландцементе № 1 и 2, на песке с модулем крупности 1,55 и 2,66. Характеристика

Таблица 4

В/Ц	Ц, кг/м ³	В, л/м ³	О. К., см	V _{возд.} , %	R ₂₈ , МПа	Ц, кг/м ³ R ₂₈ , МПа
0,47	367	172	17	5,2	32,1	11,43
0,38	433	164	17	4,2	33,4	12,96
0,35	488	170	18	4,0	46,2	10,56

бетонных смесей и бетонов с ПФМ приведена в табл. 5. При использовании более крупного песка и одинаковых расходах цемента получали более подвижные бетонные смеси, при этом воздухововлекающее их действие уменьшалось. Для бетонных смесей на портландцементе № 1 характерно значительное водоотделение, которое отсутствовало лишь при наиболее низких значениях В/Ц.

Морозостойкость бетона определяли по третьему методу (ГОСТ 10060—87) замораживанием в 5%-ном растворе NaCl при температуре —50°C. Бетон на портландцементе № 1 с расходом цемента 480 кг/м³ на песке с M_к=2,66 имел марку F300, остальные бетоны на этом цементе испытания не выдержали.

Испытания подтвердили зависимость оптимальной дозировки добавок от состава портландцемента. В бетоне на низкоалюминатном портландцементе сильное разжижающее действие наблюдалось при дозировке С-3 0,3% массы цемента. В смесях на среднеалюминатном цементе такое же действие наблюдалось лишь при дозировке С-3, равной 0,5% массы цемента.

Качество бетона было значительно выше при использовании портландцемента № 2. Водоотделение в смесях отсутствовало. Бетон из смеси литой консистенции имел марку по морозостойкости F400, а при снижении подвижности до 6 ... 7 см она возросла до F500.

Выводы

С применением полифункциональных модификаторов из литых бетонных сме-

сей получены бетоны с маркой по морозостойкости F300 и F400. Пластифицирующее действие ПФМ выше в бетоне на низкоалюминатном цементе, однако более морозостойкими были литые бетоны на среднеалюминатном портландцементе. Морозостойкость бетонов при прочих равных условиях в значительной степени зависит от состава цемента, в том числе от содержания щелочей. На среднеалюминатном цементе с содержанием щелочей 0,87% бетон более морозостоек, чем на низкоалюминатном цементе с содержанием щелочей 1,21%.

Использование ПФМ позволяет получить высокоморозостойкие бетоны из литых бетонных смесей на мелком песке с модулем крупности 1,55, при этом отрицательное влияние повышенной водопотребности таких смесей компенсируется частичным использованием водоредуцирующего действия ПФМ.

Новые изобретения

№ 30*

А. с. 1416314 СССР, МКИ³ В 28 В 7/38. Смазка для форм/А. А. Саидов, Ю. П. Караянис, М. Карабаев, П. К. Хабибуллаев (СССР); Отдел теплофизики АН УзССР.

А. с. 1416315 СССР, МКИ³ В 28 В 11/00, G 05 Д 23/00. Устройство для управления процессом термовлажностной обработки изделий/А. А. Рульников, А. В. Егоров, Е. П. Сидоров, Б. И. Костенко (СССР); ВЗИСИ.

А. с. 1416318 СССР, МКИ³ В 28 С 5/34, E 04 F 21/12. Установка для приготовления и подачи строительных растворов/В. Г. Холодинский, Г. И. Холодинский, А. Г. Холодинский (СССР); Белорусский НИИПТИ организации и управления строительством. А. с. 1416319 СССР, МКИ³ В 28 С 5/40, B 01 F 11/00. Вибрационный смеситель/М. К. Морозов, В. И. Рудык (СССР); КИСИ.

А. с. 1416320 СССР, МКИ³ В 28 С 7/00, G 05 19/02. Устройство для управления процессом изготовления бетонных и железобетонных изделий/Ю. И. Мустафин, В. В. Бредихин, Н. В. Близняк, В. В. Колохов (СССР); Днепрпетровский инженерно-строительный ин-т.

А. с. 1416468 СССР, МКИ³ С 04 В 26/26. Дегтебетонная смесь/В. А. Веренько, Я. В. Колоскова и В. К. Шумчик (СССР); Белорусский политехнический ин-т.

* См.: Открытия. Изобретения. — 1988.

Таблица 5

В/Ц	Ц, кг/м ³	В, л/м ³	О. К., см	V _{возд.} , %	R ₂₈ , МПа	Ц, кг/м ³ R ₂₈ , МПа	Марка по морозостойкости
ПЦ № 1, песок с M _к =1,55, С-3+СНВ (0,3+0,002%)							
0,53	344	183	16	9,0	20,1	17,11	F300
0,45	405	184	16	7,0	27,0	15,00	F300
0,43	466	199	21	5,4	39,3	11,86	F300
ПЦ № 1, песок с M _к =2,66, С-3+СНВ (0,3+0,002%)							
0,41	447	183	21	4,6	36,6	12,21	F300
0,39	480	189	21	4,6	42,4	11,32	F300
ПЦ № 2, песок с M _к =1,55, С-3+СНВ (0,5+0,002%)							
0,43	456	195	23	7,0	33,2	13,73	F400
0,38	484	182	6,0	4,4	39,8	12,16	F500
0,43	388	166	7,0	4,8	33,1	11,72	F500

О выборе характеристик бетонов с суперпластификаторами при расчете конструкций

Практика применения суперпластификаторов показывает высокую их эффективность при производстве железобетонных конструкций. С использованием суперпластификаторов выпускаются такие ответственные конструкции, как преднапряженные железобетонные фермы, большепролетные плиты покрытий и т. п. Дальнейшее расширение области их применения ставит вопрос о надежности элементов из бетонов с суперпластификаторами по показателям предельных состояний первой и второй групп. Несмотря на большое число исследований, объем информации о состоянии эксплуатирующихся конструкций, изготовленных с суперпластификатором С-3, еще недостаточен.

Был выполнен анализ отечественных и зарубежных работ по оценке влияния суперпластификаторов на кратковременные и длительные характеристики бетонов [1, 2].

Бетоны с наиболее распространенным отечественным суперпластификатором С-3 исследовались многими специалистами. Были получены также данные о свойствах бетонов с некоторыми модификаторами суперпластификатора С-3 (СМФ, СМС, СМЛ), улучшающими отдельные технологические и коррозионные свойства.

По зарубежным публикациям анализировали свойства бетонов с суперпластификаторами на основе сульфированной меламинформальдегидной смолы (SMF, Melment F10, Melment L10), сульфированной нафталинформальдегидной смолы (SNF) и на основе гидроксикарбоновой кислоты (Согmix P₂). Следует отметить, что не все иностранные статьи и доклады содержат исчерпывающие сведения по интересующим нас вопросам.

Физическая суть роли и влияния перечисленных суперпластификаторов отечественного и зарубежного производства на бетонные смеси имеет достаточно общий характер. Это дает основания не подразделять их на группы, а провести обобщенный анализ свойств бетонов с суперпластификаторами (СП).

Прочностные и деформативные свойства изучались на бетонах из различных

Бетонные смеси с осадкой конуса	Изменения		
	модуля упругости	усадки	ползучести
Равноподвижные О. К. 2... ... 22 см	109/15,1	61,2/10,5	73,8/24,7
Подвижные В/Ц = const О. К. до 17 см	98,4/8,7	105,5/20,4	106,2/11,3
О. К. 19... ...22 см	96,4/9,7	106,0/9,3	114,4/8,8

Примечание. Перед чертой — % к контрольному составу бетона; после черты — при коэффициенте вариации, %.

исходных материалов, разных составов, условий твердения, разного возраста испытаний. Рассматривали результаты исследований, в которых контрольные составы отличались от опытных отсутствием добавок СП. В этих случаях материалы являются сопоставимыми, даже если они взяты из различных литературных источников.

Добавление суперпластификаторов к контрольным составам без снижения расхода воды давало возможность получать литые и высокоподвижные смеси, а при снижении расхода воды на 20...30% — равноподвижные смеси.

Эффективность действия различных суперпластификаторов как правило оценивается по кубиковой и призмной прочности при кратковременных испытаниях. Поэтому в отечественной и зарубежной литературе достаточно полно отражены вопросы прочности бетонов с СП, приготовленных из равноподвижных смесей и смесей высокой пластичности, а также литых. Большинство авторов сходятся во мнении, что характеристики бетонов с СП при кратковременных испытаниях практически не отличаются от соответствующих характеристик бетонов без добавок того же состава равной прочности.

Более противоречивые данные получены при рассмотрении свойств бетонов из высокоподвижных и литых смесей с суперпластификаторами. Если значения прочности и модуля упругости колеблются в не столь значительной степени, то верхние границы деформации усадки и ползучести, по некоторым данным, отличаются от контрольных бетонов иногда на 40...50%.

В работе [3] отмечена сложность постановки и проведения достоверного статистического анализа. Результаты работы показывают, что деформации усадки и ползучести литых бетонов с СП увеличиваются по сравнению с контрольными на 5...6%.

Усредненные показатели модуля упругости, усадки и ползучести бетонов различной подвижности с суперпластификаторами даны в обзоре [1]. В настоящее время выполнена статистическая обработка с учетом дополнительных результатов исследований. Обработаны все имеющиеся отечественные и зарубежные данные. В группу данных входило 5 и более значений, каждое из которых было среднearифметическим результатом исследований отдельных авто-ров. Выпадающие из общего ряда результаты отбраковывались по методике, изложенной в ГОСТ 22236 — 85 с 90%-ной обеспеченностью. Средние значения изменения модуля упругости, усадки и ползучести бетонов с суперпластификаторами приведены в таблице.

При анализе таблицы следует учитывать, что снижение коэффициентов вариации для модуля упругости, усадки и ползучести бетонов, приготовленных из подвижных смесей, может быть связано с малым объемом информации, а не с повышением стабильности их свойств.

Данные таблицы подтверждают мнение большинства авторов о том, что бетоны с суперпластификаторами из равноподвижных смесей обладают более высокой прочностью. В соответствии с этим улучшаются и все остальные характеристики — повышается модуль упругости, предельная деформативность, снижаются значения деформаций ползучести и усадки. Аналогичное улучшение свойств может наблюдаться и для бетонов, изготовленных из смесей высокой подвижности (О. К. до 22 см). Эффект достигается за счет снижения количества воды затворения при сохранении подвижности смеси вследствие введения суперпластификаторов. Такие бетоны имеют более однородную и плотную структуру, улучшаются некоторые их физико-технические свойства.

В связи с этим на равноподвижные

бетоны с суперпластификаторами можно распространить принятые сегодня в СНиП 2.03.01 — 84 характеристики.

Модуль упругости бетонов с суперпластификаторами из подвижных смесей остается практически неизменным, а деформации усадки и ползучести возрастают. Причем различия в усадке бетонов с суперпластификаторами более существенны в ранний период, со временем они уменьшаются. Поскольку отклонения усадки и ползучести не столь велики, имелись основания объединить в одну группу все данные по бетонам из смесей с осадкой конуса до 17 см (если формировать 2 группы данных с О.К. до 7 см и с О.К. от 7 до 17 см, то разница в изменении деформаций усадки и ползучести между этими группами практически отсутствует). Большие значения усадки и ползучести относятся к бетонам из литых смесей — с О.К. 19 см и выше. В зарубежных публикациях отсутствуют какие-либо разъяснения на этот счет, что, вероятно, связано с тем, что литые бетонные смеси не применяются в ответственных сооружениях, подвергающихся высоким уровням нагрузок.

На наш взгляд, повышение ползучести бетонов из литых смесей с суперпластификаторами может объясняться тем, что при сильном разжижении получается гравитационное расслоение и внутреннее водоотделение смеси, что влечет за собой неоднородность свойств бетона при формировании его структуры.

Для оценки влияния увеличения де-

формаций усадки и ползучести бетона были выполнены расчеты изгибаемых обычных и преднапряженных железобетонных элементов. При этом принималось увеличение ползучести бетона на 40% и выше. Этим самым моделировалась ситуация применения литых бетонных смесей с наилучшими (по верхней доверительной границе с 95%-ной обеспеченностью) показателями ползучести. Расчеты показали, что деформации изгибаемых элементов с малым процентом армирования из бетонов с повышенной мерой ползучести на 5..6% превышают деформации образцов из обычного бетона, а для переармированных элементов эта разница увеличивается до 20%.

В преднапряженных конструкциях увеличение ползучести бетона на 40% в соответствии со СНиП 2.03.01 — 84 приводит к повышению потерь предварительного напряжения в арматуре на 20%.

Таким образом, в отдельных неблагоприятных случаях чрезмерное увеличение деформаций ползучести может вызвать повышение прогибов переармированных элементов и увеличение потерь преднапряжения в арматуре.

Учитывая результаты анализа, показывающего возможное увеличение деформаций усадки и ползучести в пределах соответственно 6,0 и 14,4% (см. табл), можно полагать, что для бетонов из литых смесей с суперпластификаторами не требуется корректировка данных СНиП 2.03.01 — 84.

Однако применение литых смесей с суперпластификаторами требует высо-

кой культуры производства. Не допускается применять суперпластификаторы, не отвечающие требованиям технических регламентов, не оптимальные составы бетонов с суперпластификаторами; некачественные заполнители; негерметичные опалубочные формы; следует строго соблюдать режимы тепловой обработки. При применении бетонов из высокоподвижных и литых смесей с суперпластификаторами (О.К. > 17 см) в ответственных конструкциях рекомендуется проводить экспериментальную проверку, уточняющую длительные их характеристики.

Зарубежный и отечественный опыт показывает, что для конструкций, которые находятся в эксплуатационный период в высоконапряженно-деформированном состоянии, целесообразно использовать бетонные смеси с суперпластификаторами со сниженным количеством воды при одновременном повышении пластичности до О.К. 15..17 см. Такой подход позволяет улучшить удобоукладываемость смеси в опалубочные формы и получить для ответственных конструкций бетон высокого качества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булгакова М. Г. Влияние суперпластификаторов на основные свойства бетона в конструкциях // Химические добавки для бетонов. — М.: НИИЖБ, 1987. — С. 30—40.
2. Провести исследования и разработать предложения для СНиП 2.03.01—84 и развивающих их пособий по физико-механическим характеристикам новых видов бетонов. — М.: НТО и НИИЖБ, 1987. — 129 с.
3. Щербakov Е. Н. Физические и феноменологические основы прогнозирования механических свойств бетонов для расчетов железобетонных конструкций: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. — М., 1987. — 289 с.

УДК 693.542.4:69.057.12-122

Н. Г. МАТКОВ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Бетоны с суперпластификатором С-3 для сборных элементов и узлов каркасов зданий

Узлы и швы железобетонных элементов сборных каркасов зданий заполняют бетонами (растворами), обеспечивающими их совместную работу и объединяющими их в рамы и диски жесткости. Замоноличенные сопряжения элементов, а также межплитные швы перекрытий обеспечивают передачу нормальных и перерезывающих сил между ними.

Для определения напряженного состояния узлов сопряжений и элементов каркасов необходимо выяснить факти-

ческие прочностные и деформативные характеристики бетонов с суперпластификатором С-3, которые изучались на натуральных образцах и призмах.

В НИИЖБе исследованы прочностные и деформативные свойства модифицированных обычных и мелкозернистых бетонов (растворов) с добавкой С-3 для крупноразмерных густоармированных элементов и их стыков под тяжелые нагрузки (рис. 1). Элементы имели высокий процент продольного (μ_s 7..12%) и

поперечного (μ_{xy} 1..3%) армирования, включая внутренние арматурные сердечники для нижних этажей зданий повышенной этажности (до 10 этажей) и для унифицированного каркаса.

Для приготовления равноподвижных бетонных смесей использовали среднеалюминатный ($C_3A=7\%$) портландцемент Воскресенского завода с нормальной густотой (22..28%), активностью R_d 40..45 МПа, песок средней крупности (15..25 мм) и гранитный щебень

фракций 10...20 мм. Смесь уплотняли на виброплощадке в течение 20...30 с.

Бетон твердел в естественных лабораторных условиях при 20°C в необходимом температурно-влажностном режиме.

При формировании каждой партии колонн из того же замеса изготавливали по 9 кубов с ребром 150 мм и 9 бетонных призм размером 150×150×600 мм и определяли их физико-механические характеристики. Для густоармированных опытных образцов класса В45 с введением суперпластификатора С-3 расходовали до 9 кг/м³ бетона (состав Ц:П:Щ 1:1,18:2,1, В/Ц=0,35).

Чтобы выявить эффективность введения добавки С-3 в мелкозернистые бетоны, перед замоноличиванием основных узлов элементов изготавливали пробные замесы составов Ц:П=1:0...1:4 соответственно с В/Ц 0,3...0,5 на кубках с ребром 100 мм и призмах. При этом варьировали соотношение песка, цемента, В/Ц и возраст до 28 сут.

Опытные образцы каждой серии состояли из двух пар натуральных колонн размером 400×400×1600 мм со стыками в середине и из призм размером 200×200×800 мм, армированных обычной и высокопрочной арматурой в сочетании с поперечными сетками или спиралями в зоне стыков.

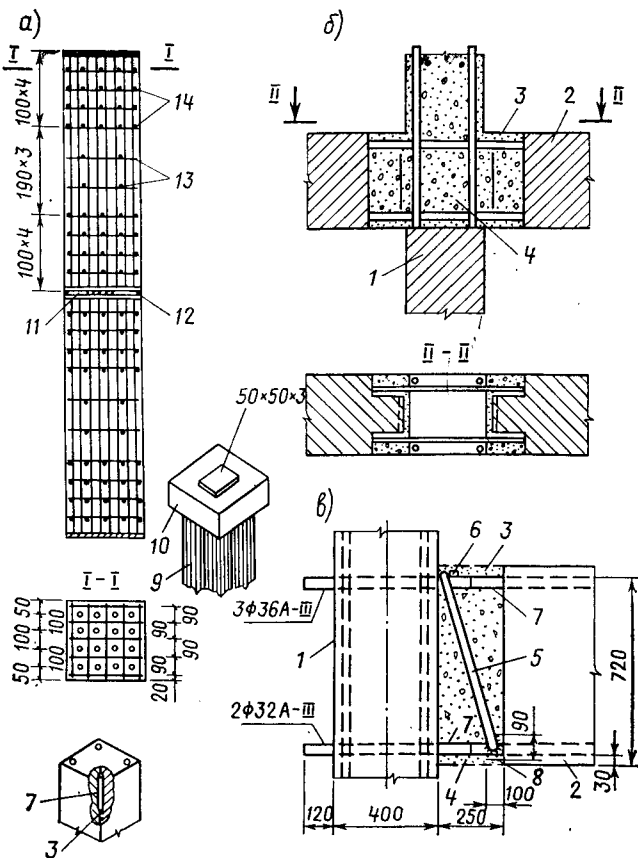
Испытания показали, что при одинаковом расходе цемента с добавкой 0,8% С-3 кубиковая прочность возросла в среднем до 25% R_{K28} по сравнению с образцами без добавки. Объясняется это снижением В/Ц и улучшением однородности бетонной смеси (рис. 2, а).

Следует отметить, что прочность бетонов с ранее применявшимися пластифицирующими добавками типа лигносульфонатов технических ЛСТ—ССБ, СДБ и др. [1...3] в первые сутки твердения нарастает слабо. Наблюдается даже снижение прочности в среднем на 10% для заданного В/Ц. Так, при В/Ц=0,4 и в возрасте 3 сут прочность достигает не более 7 МПа при естественном твердении.

Для мелкозернистых бетонов на суперпластификаторе С-3 минимальная прочность (30 МПа) для замоноличивания стыков всегда обеспечивается при расходе цемента не ниже 350 кг/м³. Без добавки С-3 это требование по прочности при данном расходе цемента не обеспечивается и к возрасту 28 сут.

Сравнительные данные величин усадки мелкозернистого бетона с В/Ц=0,35 с гидрофильными и гидрофобными добавками представлены на рис. 2, б. Усадка бетона с С-3, несмотря на большую долю ее дозирования (0,8%, или 9 кг/м³) по сравнению с гидрофобными добавками (0,2% массы цемента, или ~1 кг/м³) не

Рис. 1. Армирование элементов с их узлами и укладка бетона, включая труднодоступные места
 а — колонна со отмыками; б — сборно-монолитный узел ригеля с колонной; в — раскосный ригель с колонной; г — колонна; д — ванная сварка; е — бетон замоноличивания; ж — наклонная петля; з — упоры; и — арматурные выпуски; к — уголковые коротыши; л — элемент с арматурным сердечником; м — стальной оголовок с опорной прокладкой; н — инъекция шва с центрирующей прокладкой; о — сварной шов по контуру; п — хомуты; q — сетки



превышает 2 мм/м. Это вполне допустимая величина, при которой контактные усадочные трещины в швах отсутствовали.

Опыт применения суперпластификатора С-3 в сочетании с механическим перемешиванием смеси показал возможность упрощения технологии бетонирования элементов и их узлов с одновременным повышением прочности и деформативных характеристик до 7...10%, а также увеличения производительности труда. Некоторое удорожание этого бетона (до 2 р/м³) окупается за счет других технических и технологических преимуществ.

Так, опыты подтвердили, что введение в бетонную смесь С-3 0,5...0,8% массы цемента обеспечивает О.К. от 10...20 см. Это позволяет отказаться от традиционного виброуплотнения смеси и перейти на литьевую одностадийную технологию бетонирования густоармированных элементов и замоноличивания сопряжений за счет снижения В/Ц при требуемой удобоукладываемости смеси.

Технология бетонирования составных конструкций с высокой степенью армирования при использовании суперпластификатора С-3 позволила их качественно замоноличивать. Были разработаны основные положения проектирования и изданы соответствующие Рекомендации НИИЖБ.

Надежность стыков элементов во многом зависит от качества бетона замоноличивания, определяемого правильным выбором составов при их механическом приготовлении, времени перемешивания и способа укладки в армированные элементы и стыки.

Применяемая ныне повсеместно двухстадийная раздельная технология заполнения стыков — ручная зачеканка шва малоподвижными смесями с последующим вибрированием трудоемка и трудно контролируема, поскольку тре-

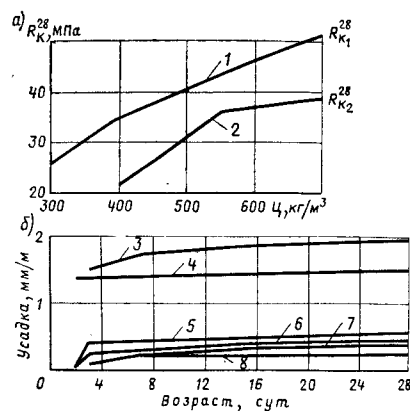


Рис. 2. Кубиковая прочность (а) мелкозернистого бетона и усадка (б) при разных составах и добавках
 1 — бетон с С-3; 2 — то же, без С-3; 3 — с 0,8% С-3; 4 — с 0,2% ЛСТ; 5 — с 0,2% СГ; 6 — без добавки; 7 — с 0,2% мылонафта; 8 — с 0,03% АБ смолы

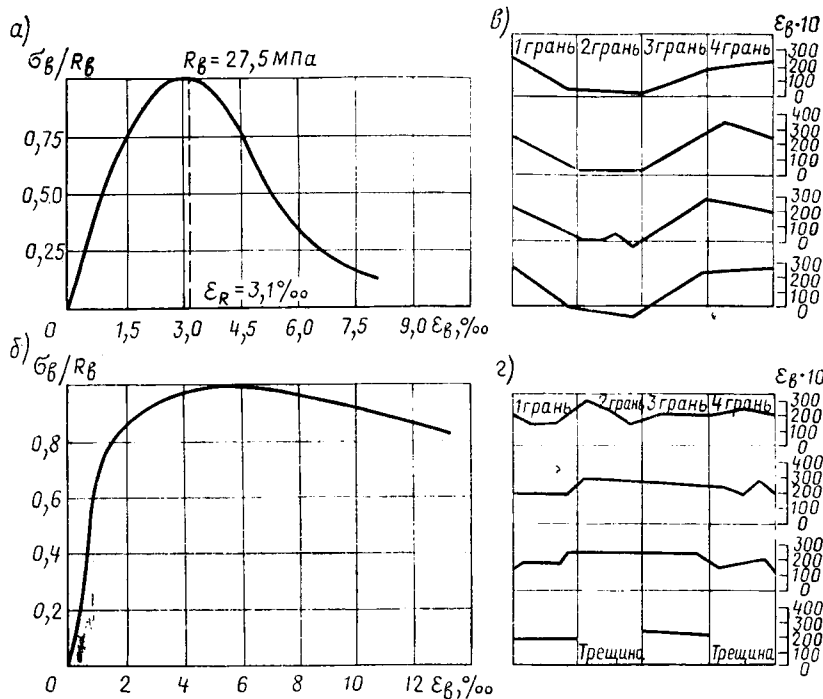


Рис. 3. Полные опытные диаграммы сжатия бетона (а, б) и эпюры относительных деформаций (в, г)

бует применения разных составов в одном сопряжении. Существенно улучшить качество замоноличивания стыков с экономией цемента удастся при введении в смесь С-3. Тогда технология заполнения стыка становится одноступенчатой (вначале шов, подрезки и другое пространство). Смесь подают непрерывно под давлением [4] или обжимают ее собственным весом монтируемого элемента. Она движется сплошным потоком снизу вверх, уплотняя нижние слои по мере заполнения формы. Одним из преимуществ составов на суперпластификаторе С-3 по сравнению с применявшимися ранее добавками типа ЛСТ, мылонафт и др. [2, 3] является получение смеси повышенной подвижности в оптимальное время (30 мин) с одновременным ее уплотнением в трудно доступных местах и узких полостях.

В отдельных составах применяли алюминиевую пудру (АП) как расширяющую добавку в виде суспензии 5%-ной концентрации для повышения плотности бетона и сцепления его с арматурой в сочетании с С-3 и с ЛСТ. При этом бетонную (растворную) смесь для замоноличивания стыков рекомендуется готовить небольшими замесами из расчета на 5..6 стыков (~15 л). В зимних условиях ее готовят с противоморозными добавками в сочетании ЛСТ с поташем, нитритом натрия и др. [5, 6].

Осредненные прочностные и деформативные характеристики (R_k , R_b , E_s , ϵ_R) бетонов с суперпластификатором

С-3 и без него приведены как их отношения соответственно: 1,05; 1,08; 0,97; 0,96. В возрасте 28 сут они не ниже эталонных значений (без добавок), а значения R_b , E_s даже выше эталонных в среднем до 10%. Разброс деформативности бетонов по граням сжатых элементов развертки в допустимых пределах — 0,5% (рис. 3, в, г). Для призм на тяжелом бетоне с добавкой С-3, ϵ_{Rb} как правило, повышается до 2,2..3,1%, что достаточно четко подтверждают фактические полные диаграммы сжатия такого бетона с нисходящими участками до уровня σ_s/R_b 0,8..08,5 (рис. 3, а, б), а для армированных поперечными сетками элементов деформативность повышается в два и более раза (рис. 3, б).

Диаграммы рассчитывали по новой методике при загрузении призм в прессе и жестком кондукторе 5 с дистанционным измерением и автоматической записью нагрузок и деформаций. Внутри бетона образцов напряжения замеряли с помощью датчиков давлений системы ЦНИИСКА и НИИС ДАССР. По значениям напряжений для колонн среднего сечения построены эпюры нормальных напряжений бетона с постоянным эксцентриситетом $e_0=30$ см при разных нагрузках (1200 и 1800 кН).

Опытные и расчетные значения усилий, воспринимаемых бетоном N_s сжатой зоны X , находятся в пределах от 6 до 9%. Заметим, что опытная полнота эпюр напряжений изменяется в зависимости от армирования μ_s , μ_{xy} и прочно-

сти бетона R_b при разрушающих нагрузках. Мелкозернистый бетон на суперпластификаторе С-3 является упруго-пластическим материалом, как и тяжелый бетон. Неупругие деформации в нем начинают проявляться при относительных напряжениях 0,4..0,5 R_b . При известных значениях коэффициента поперечных деформаций бетона $\nu = \epsilon_{поп} / \epsilon_{пр} = \epsilon_{пр} = 0,3..0,5$, предельную деформацию (сжимаемость) можно определить по формуле

$$\epsilon_R = \frac{R_b}{E_b \nu}$$

По опытным данным для бетона с суперпластификатором С-3 предельное укорочение бетона $\epsilon_{сч}$ на нисходящем участке может быть определено по формуле

$$\epsilon_{сч} = \epsilon_R + 1,4\%$$

Учет работы обоймы бетонной призмы, создающей обжатие стержнями в сетках при местном сжатии через жесткий штамп в виде центрирующей прокладки a_c , выражается следующей эмпирической зависимостью:

$$N_{p,0}^T = N_1 + N_2 = A_{loc_1} \cdot R_{b,red}^* + A_{loc_1} = \mu_{xy} \cdot A_{loc_1} \cdot R_b \cdot \Phi_b + A_{loc_1} \cdot \frac{\sigma_{xy}^T \cdot f_{xy} \cdot n \cdot k}{s \cdot a_c}$$

где $A_{loc_1} = a_c \cdot a_c$ — площадь смятия через штамп; $\Phi_b = \sqrt{\left(\frac{A_{loc_2}}{A_{loc_1}}\right)^2}$, не более 3,5; $\kappa = 4,5$ — коэффициент влияния бетонной обоймы; n — число стержней в сетке по наименьшей грани сжатого элемента; A_{loc_2} — расчетная площадь, принимаемая равной $2 \cdot A_{loc_1}$.

Боковое обжатие σ_{1x} и σ_{2y} может быть выражено опытной зависимостью

$$\sigma_{3z} = R_{пр}^{оп} + 4,15 \cdot x$$

Напряжения в стержнях сеток для заданного класса арматуры определяются по формуле

$$\sigma_{1x} = \sigma_{2y} = \sigma_{xy} = \frac{\sigma_T \cdot A_{xy} \cdot n}{s \cdot b_n}$$

где σ_T — предел текучести стержня; b_n — ширина сечения; $A_{xy} \cdot s$ — шаг и площадь стержней; $\kappa = 4,1$ — коэффициент.

Таким образом, с применением С-3 значительно облегчается бетонирование густоармированных элементов каркасов зданий и укладка смеси в зоны стыков. При этом экономится не менее 30..40 кг цемента на 1 м³, снижаются трудозатраты до 0,25 чел.ч на стык при одностадийной технологии замоноличивания методом обжатия. При воз-

УДК 69.003.2

Н. М. БОЛЬШАКОВ, канд. техн. наук (Коми отдел ЦНИИЭУС Госстроя СССР)

Внутрипроизводственный хозрасчет на предприятиях стройиндустрии в условиях самофинансирования

В условиях коренной перестройки экономики развитие низового хозрасчета занимает особое место. В Законе СССР о государственном предприятии (объединении) указано, что предприятие состоит из действующих на началах внутреннего хозяйственного расчета или коллективного подряда подразделений. До последнего времени все внимание хозрасчетных бригад было сосредоточено на экономии материальных ресурсов.

С переходом предприятий на полный хозрасчет и самофинансирование положение существенно меняется. Необходимо более обстоятельно рассмотреть состав плановых затрат хозрасчетных бригад. На практике коллективный доход еще не доводится до каждого основного цеха и хозрасчетных бригад, он обезличивается в едином балансе предприятия, что ослабляет материальную заинтересованность первичных трудовых коллективов в конечных результатах производства¹.

В связи с этим представляется важным предусматривать в планах хозрасчетных бригад показатель коллективного дохода, необходимый для комплексной оценки деятельности первичных трудовых коллективов, для материального стимулирования работников в соответствии с их реальным вкладом в результаты хозяйствования. Возрастает необходимость разработки и внедрения в практику модели внутрипроизводственного хозрасчета по методу коллективного дохода на базе полных затрат в стоимостной оценке.

Полные затраты хозрасчетных бригад, наряду с текущими материальными затратами, включают в себя единовременные затраты (плату за производственные фонды, трудовые ресурсы, процен-

ты за кредит и плату за природные ресурсы). Модель внутрипроизводственного хозрасчета по методу коллективного дохода на базе полных затрат имеет вид

$$D = Q \cdot [Ц - (M + P_p) - (ПФ + ПТ + ПР + ПК)] - НР,$$

где D — коллективный доход от реализации продукции, р.; Q — объем продукции, реализуемой за плановый период, м³; $Ц$ — цена единицы реализованной продукции, р/м³; M — величина норматива текущих материальных затрат (кроме заработной платы) на 1 м³ изделий, р/м³; P_p — величина норматива косвенных расходов на 1 м³ изделий, р/м³; $ПФ$ — величина норматива платы за производственные фонды на 1 м³ изделий, р/м³; $ПТ$ — величина норматива платы за трудовые ресурсы на 1 м³ изделий, р/м³; $ПР$ — величина норматива платы за природные ресурсы на 1 м³ изделий, р/м³; $ПК$ — величина норматива платы процентов за банковский кредит, р/м³; $НР$ — непроизводительные расходы (штрафы, брак и др.), р.

В условиях реализации новой модели внутрипроизводственного хозрасчета возрастает значение совершенствования планирования, учета, распределения и анализа полных затрат для хозрасчетных бригад, усиления стимулирования их экономии.

При решении этой задачи, соизмерении результатов и их стимулировании при коллективных формах хозрасчета целесообразно предусматривать разделение плановых затрат в зависимости от способа (формы) их осуществления на две примерно равные по величине группы:

1 — затраты, которые бригады могут экономить непосредственно путем бережливого расходования (абсолютная форма);

2 — затраты, которые можно эконо-

¹ Большаков Н. М. Коллективные формы хозрасчета на предприятиях стройиндустрии // Бетон и железобетон. — 1988. — № 2. — С. 18—19.

ведении типового каркаса здания в 5...6 этажей серии 1.420—1 обычно требуется выполнить около 1000...1100 стыков. Следовательно, наряду с повышением качества, можно получить реальный экономический эффект: до 10 т цемента, снизить трудозатраты на 250 чел.-ч. Результаты работы использованы при проектировании рабочих чертежей серийных каркасов многоэтажных зданий 1.020—1/83 и 1.420—12, а также при выпуске колонн, ригелей и плит на ряде заводов Главмоспромстройматериалов, на стройках Главмоспромстроя и Латпромстройматериалов.

Выводы

Опыт применения мелкозернистых бетонов (растворов) с добавкой С-3 в качестве разжижителя показывает высокое качество бетонирования элементов и замоноличивания стыков любых объемов с одновременным повышением прочности при сжатии, адгезионной прочности сцепления и снижением расхода цемента в среднем на 7%, увеличением производительности замоноличивания стыков в 3...4 раза.

Применение суперпластификатора С-3 для бетонов элементов и их стыков (растворов) замоноличивания увеличивает технологичность, значительно упрощает замоноличивание и исключает многостадийную технологию заполнения узлов элементов каркаса.

Прочностные и деформативные характеристики таких бетонов (растворов) замоноличивания повышаются по сравнению с эталонными бетонами (без добавки) в среднем на 10%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батраков В. Г., Фурманов Э. И. Прочностные свойства цементно-песчаных бетонов с добавкой СП С-4 // Бетоны с эффективными суперпластификаторами. — М.: НИИЖБ, 1979. — С. 135.
2. Васильев А. П., Булгаков В. С., Матков Н. Г. Инъецирование каналов преднапряженных конструкций. — М.: Стройиздат, 1964. — С. 199.
3. Лагойда А. В., Рубанов А. В. Комплексная противоморозная добавка на основе поташа // Бетон и железобетон. — 1988. — № 2. — С. 21—23.
4. Уотсон С. К. Заделка швов под давлением в гражданском и промышленном строительстве (фирма «Уотсон Боуман», США). — М.: ВНИИЭСМ, 1971. — 36 с.
5. Матков Н. Г., Баранов Д. С. Изучение предельного состояния железобетонных элементов на моделях с автоматической записью полной диаграммы сжатия. — М.: ВНИИС, 1984. — С. 7—12.
6. Берг О. Я., Щербakov Е. Н., Писанко Г. Н. Высокопрочный бетон. — М.: Стройиздат, 1971. — С. 207.

мать при повышении производительности труда, улучшении использования оборудования, повышении качества и увеличении на этой основе выпуска продукции (относительная форма).

Затраты второй группы, не зависящие от объема производства, называются обычно условно-постоянными. Снижение общих затрат на изготовление продукции в значительной мере происходит за счет условно-постоянной их части. Абсолютная их величина в равных смежных промежутках времени (отчетных периодах) в реальных условиях практически одинакова, а на единицу фактического объема выпуска продукции уменьшается, поскольку распространяется на большее количество продукции. А это означает, что бригады, которые в отчетном периоде достигают наибольшего объема выпуска продукции, должны иметь экономии затрат на единицу продукции и на всю продукцию в целом. Увеличение фактических показателей экономии затрат хозрасчетной бригады увеличит ее коллективный доход, а следовательно, и фонд оплаты труда и вклад в развитие социальной сферы.

Следовательно, повышение производительности труда и снижение трудоемкости изготовления являются одними из главных источников роста объема про-

изводства. Предложенный подход к формированию затрат дает возможность поднять на новый уровень принцип материальной заинтересованности каждой хозрасчетной бригады в увеличении загрузки оборудования, повышении его фондоотдачи, выполнении и перевыполнении заданий по объему выпуска продукции.

Разграничение статей плановых затрат на переменные и условно-постоянные должно производиться путем логического анализа особенностей формирования издержек по отдельным частям соответствующих технологических процессов с ограниченным применением методов математической статистики. Вполне очевидно, что локализуемые единовременные затраты по расширенному воспроизводству (плата за производственные фонды, трудовые и природные ресурсы, плата за банковский кредит) для упрощения расчетов могут быть приняты неизменными.

При совершенствовании методов планирования полных затрат, в том числе непосредственно связанных с платежами, необходимо правильно относить их на хозрасчетные бригады с учетом результатов производственной деятельности. При планировании коллективного

дохода фиксированные платежи должны быть распределены по основным цехам пропорционально базовым показателям.

Показатели рассматриваемых затрат планируются бригадам на основе стабильных нормативов. Плановая сумма платы каждого цеха за производственные фонды предприятия зависит от фондооснащенности; чем они больше, тем выше затраты на содержание и эксплуатацию оборудования. Это позволяет расчетным путем определять сумму платы отдельных цехов за фонды пропорционально затратам на содержание и эксплуатацию оборудования. Плановая плата по цеху за оборотные фонды, банковский кредит определяется пропорционально плановым затратам по статье «Материалы». Распределение платы за трудовые ресурсы между цехами осуществляется пропорционально основной заработной плате рабочих.

В общем виде нормативы затрат по платежам определяются по отчетным данным в базовый период (предшествующий год) как частное от деления фактических затрат по цеху на достигнутый там объем выпуска изделий. При планировании дохода хозрасчетным бригадам возникает вопрос о разработке условных отпускных цен на каждую деталь.

Для основных цехов с предметной специализацией, что характерно для заводов КПП, непосредственно выпускающих товарную продукцию — комплекты деталей домов, нет необходимости в разработке условных цен на каждую деталь. Выручка таких цехов планируется исходя из отпускной цены на каждое изделие. Доход хозрасчетных бригад основных цехов рассчитывается на основе плановой себестоимости детали, узла или изделия в условных отпускных цехах для каждого наименования продукции.

Пример расчета коллективного дохода, а также влияния новой модели внутрипроизводственного хозрасчета и экономического механизма ее реализации на улучшение производственной деятельности бригад приведен в таблице.

Из таблицы видно, что для бригад № 1 и 2 планы занижены, а условно-постоянная составляющая текущих затрат и единовременные затраты, связанные с платой за производственные фонды и трудовые ресурсы, проценты за банковский кредит, распределены пропорционально числу смен загрузки оборудования (так как бригады имели равные производственные условия), т. е. с учетом производительности труда. В связи с этим экономия плановых затрат у них заметно сокращается, уменьшаются коллективный до-

Показатели	Всего по хозрасчетным бригадам	Хозрасчетные бригады		
		1	2	3
Плановый объем выпуска продукции на 1 мес, м ³	370	100	120	150
Средневзвешенная отпускная цена 1 м ³ изделий, р.	80	80	80	80
Плановая выручка, р.	29600	8000	9600	12000
Текущие плановые затраты на:				
сырье, материалы и полуфабрикаты (норматив на 1 м ³ 23,9 р.), р.	8843	2390	2868	3585
технологический пар (норматив 1,92 р.), р.	703	190	228	285
силовую электроэнергию (норматив 0,37 р.), р.	136,9	37	44,4	55,5
содержание и эксплуатацию оборудования* (норматив 8,18 р.), р.	3026,6	818	981,6	1227
цеховые расходы* (норматив 1,77 р.), р.	654,9	177	212,4	265,5
общехозяйственные расходы* (норматив 3,1 р.), р.	1147	310	372	465
внепроизводственные расходы* (норматив 0,5 р.), р.	185	50	60	75
Итого текущие плановые затраты, р.	14696,4	3972	4766,4	5958
Плановая единовременная плата:				
за производственные фонды (норматив на 1 м ³ изделий 4,2 р.), р.	1554	420	504	630
за трудовые ресурсы (норматив 2,0 р.), р.	740	200	240	300
проценты за банковский кредит (норматив 0,19 р.), тыс. р.	70,3	19	22,8	28,5
Итого единовременные затраты, р.	2364,3	639	766,8	958,5
Коллективный доход (плановый)	12539,3	3389	4066,8	5083,5
Фактический объем выпуска продукции, м ³	400	110	130	160
Фактическая выручка, р.	32000	8800	10400	12800
Текущие фактические затраты по новой методике на:				
сырье, материалы и полуфабрикаты, р.	9560	2633,78	3108,92	3817,30
технологический пар, р.	768	211,93	249,72	306,35
силовую электроэнергию, р.	148	40,19	48,32	59,49
содержание и эксплуатацию оборудования, р.	3272	928,62	1067,63	1275,75
цеховые расходы, р.	708	197,38	230,49	280,13
общехозяйственные расходы, р.	1240	344,47	403,50	492,03
внепроизводственные расходы, р.	200	55,18	65,02	79,80
Итого текущие затраты (фактические), р.	15896	4411,55	5173,60	6310,85
Фактические единовременные затраты бригад по новой методике:				
производственные фонды, р.	1680	560	560	560
трудоу ресурсы, р.	800	266,66	266,66	266,68
проценты за банковский кредит, р.	76	25,33	25,33	25,34
Брак, р.	120	120	—	—
Итого единовременные фактические затраты, р.	2676	972,99	851,99	852,02
Коллективный доход (фактический), р.	13428	3415,46	4374,41	5637,13

* Кроме затрат по заработной плате.

УДК 624.073:691.87-427

В. М. БАЖЕНОВ, инж. (трест Апатитстрой Главмурманскстроя Минсевзапстроя СССР); В. Г. КРАМАРЬ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Рациональная конструкция верхних сеток многопустотных панелей

ход и фонд оплаты труда, а также отчисления для развития социальной сферы. Стремление бригад к высокоэффективной работе осуществляется в их напряженных планах — при таком подходе проявляется интерес к росту производительности труда, улучшению загрузки оборудования, снижению всех затрат на производство, к мобилизации резервов. Экономический механизм, основанный на такой модели внутрипроизводственного хозрасчета, включающий стабильные нормативы полных затрат, распределение фактических затрат с учетом уровня хозяйствования, обеспечивающий правильное соотношение конечных результатов, позволяет активно использовать закономерности планомерного и пропорционального развития производства и распределения по труду.

В главных чертах новая модель внутрипроизводственного хозрасчета и ее экономический механизм реализованы на Сыктывкарском заводе крупнопанельного домостроения Минсевзапстроя СССР. На этой основе обеспечивается устойчивая высокорентабельная работа завода в двенадцатой пятилетке. Объем производства за первые два года пятилетки вырос в 1,25 раза, производительность труда — в 1,2 раза, прибыль — в 1,5 раза. В 1987 г. завод перешел на самофинансирование. Темпы роста производительности труда и дохода, снижения себестоимости значительно превысили достигнутые в предыдущие годы. Активно внедряется новое оборудование, прогрессивные технологические процессы. Таким образом, предложенные методы и способы определения хозрасчетных форм полных затрат, расчета их нормативов, распределения фактических затрат по хозрасчетным бригадам являются не только основой обоснования планов, но и создают экономические условия для повышения уровня использования важнейших ресурсов, которыми располагает каждый коллектив. Тем самым вся организация внутрипроизводственного хозрасчета поднимается на новый качественный уровень.

Преднапряженные многопустотные панели перекрытий по серии 1.141-1, разработанные ЦНИИЭП жилища и НИИЖБом, предназначены для жилых и общественных зданий с кирпичными или блочными стенами. При расчете и конструировании опорных участков этих изделий учитывается, что концы панелей заделаны в стены [1].

Как показали проведенные ранее эксперименты [2], на опорных участках панелей от действия отрицательного момента появляются трещины, которые располагаются в пролетной части конструкции сразу за гранью стены или (при определенных условиях) даже в пределах опирания панелей на стены.

Отрицательный момент на опоре панелей воспринимается продольными стержнями диаметром 3 мм, класса Вр-1 сварной сетки верхней полки и верхними продольными стержнями диаметром 3...5 мм того же класса вертикальных приопорных сварных каркасов. В соответствии со СНиП 2.03.01—84 продольные стержни растянутой арматуры должны быть заведены за нормальное к продольной оси элемента сечение, в котором они учитываются с полным расчетным сопротивлением, на длину не менее l_{an} , определяемую по формуле

$$l_{an} = \left(W_{an} \frac{R_s}{R_b} + \Delta \lambda_{an} \right) d.$$

Для проволоки диаметром 3 мм, класса Вр-1 в бетоне класса В15 $l_{an} = 12,5$ см. Между тем глубина заделки многопустотных панелей в стены составляет 7...10 см. Следовательно, без усиления анкеровки условие СНиП 2.03.01—84 для продольных проволок диаметром 3 мм верхней сетки пустотных панелей невыполнимо. Учитывая это обстоятельство, в типовых чертежах многопустотных панелей по серии 1.141-1 по торцам сварных сеток предусматривается поперечный стержень, который от торца изделия расположен

на расстоянии 25...30 мм и обеспечивает анкеровку продольных стержней за гранью опоры.

Между тем при изготовлении сварных сеток на многоточечных контактно-сварочных станках при шаге поперечных проволок в сетках 250...300 мм разрезка производится не по рис. 1, а, а посередине ячейки, вследствие чего по торцам сеток располагаются свободные концы проволок длиной 125...150 мм. Следовательно, за гранью опоры анкеровка проволочек не обеспечена, и возникающий на опорных участках панелей отрицательный момент не может быть воспринят.

Наряду с этим следует отметить, что в рабочих чертежах многопустотных панелей различных серий (1.141-1, ИИ-04-4, 1.041.1-2, 1.090 и др.) поперечные стержни в сетках верхней полки располагаются на различных расстояниях друг от

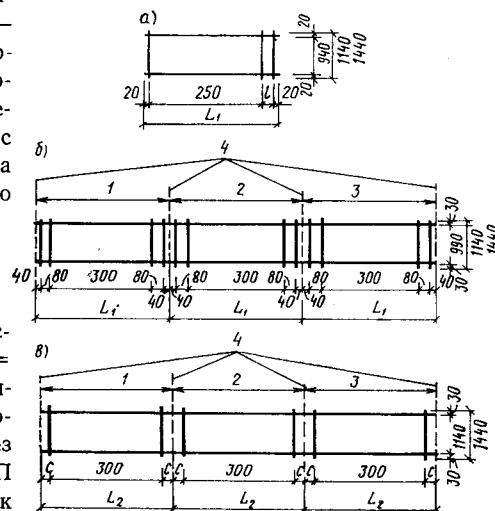


Рис. 1. Сварные сетки многопустотных панелей
а — сетки верхней полки по рабочим чертежам серии 1.141-1 (в зависимости от длины изделия $l=0; 50; 100; 150; 200$ мм); б — унифицированные сетки верхней полки в панелях серии 1.141-1; в — унифицированные сетки верхней полки в панелях серии ИИ-04-4 (в зависимости от длины изделия $c=50; 100; 150$ мм); 1...3 — номера сеток; 4 — линии реза

Из-за отсутствия специализации заводы ЖБИ, как правило, на одних и тех же производственных площадях выпускают пустотные панели по чертежам указанных серий широкой номенклатуры по длине изделий.

Арматурные сетки для верхней полки пустотных панелей изготавливают на многоточечных контактно-сварочных станках. Но автоматизация изготовления этих сеток по существующим в настоящее время чертежам практически исключена. Переход к изготовлению от одного типоразмера сеток к другому из-за разного шага поперечных стержней без переналадки станка невозможен.

Для унификации параметров и повышения технологичности изготовления сеток, исключения переналадок высокопроизводительного сварочного оборудования предложены сварные сетки усовершенствованной конструкции (см. рис. 1), производство которых осуществляется на предприятиях Обнинского Управления строительства Калужской обл. В этих сетках число и шаг продольных стержней равны проектным, а шаг поперечных стержней по длине панелей принят одинаковым и равным 300 мм и лишь в месте разрезания сеток он уменьшен. Изготовление сеток новой конструкции организовано на автоматизированной линии сварки сеток И-12т, разработанной в 1967 г. Куйбышевским филиалом Индустройпроекта (рис. 2).

Принципиальная электрическая схема автоматической линии выполнена на базе электрической схемы многоточечной машины. Дополнительная аппаратура управления размещена в новом шкафу. Установлены три реле-счетчика импульсов: РСИ-1, РСИ-2 и РСИ-3. РСИ-1 отсчитывает число поперечных стержней и подает команду на ножницы поперечной резки. Для получения переменного шага между поперечными стержнями на станине многоточечной машины установлены ограничители хода каретки в видедвигающихся по направляющим с помощью пневмоцилиндров упоров. Команду на выдвигание упоров дает РСИ-2 после определенного числа поданных на него импульсов, при этом ограничители встают на пути движения каретки от электродов машины, и каретка делает

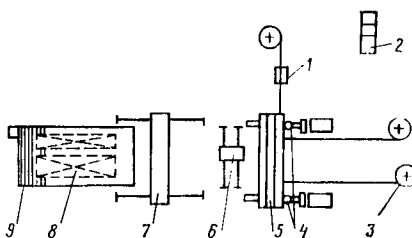


Рис. 2. Автоматизированная технологическая схема изготовления сеток
1 — механизм для правки проволоки; 2 — пульт управления; 3 — буктодержатель; 4 — ограничители хода каретки; 5 — многоточечная контактно-точечная сварочная машина; 6 — ножницы для резки поперечных проволок; 7 — ножницы для резки сетки; 8 — готовые сетки; 9 — роликовый пакетировщик готовых сеток

укороченный шаг, число которых отсчитывает РСИ-3. После срабатывания РСИ-3 ограничители возвращаются в исходное положение. Число шагов поперечных стержней на РСИ-2 и РСИ-3 устанавливается заранее.

При сварке на линии сеток конструкции по рис. 1,б на РСИ-3 будет установлена постоянно цифра 3 и толщина ограничителя составит 220 мм. Эксплуатируемую линию можно оснастить и счетчиком готовых сеток (по числу произведенных резов).

Для увеличения производительности линии поперечную проволоку сетки рекомендуется заготовить заранее и автоматически подавать под электроды машины из устройства, расположенного фронтально к машине.

Исследования НИИЖБа с арматурой класса Врп-1 [3] показали, что при обеспечении в крестообразных соединениях сварных сеток 50%-ной прочности приварки поперечных стержней к продольным надежная анкеровка продольных стержней диаметром 4 мм в бетоне класса В12,5 и выше достигается на расстоянии 55 мм от грани опоры до поперечной арматуры. Если экстраполировать эти данные с арматуры диаметром 4 мм класса Врп-1 с $R_s = 510$ МПа на арматуру диаметром 3 мм класса Вр-1 с $R_s = 375$ МПа с учетом того, что проволока диаметром 3 мм будет заанкерена в бетоне класса В15 и удельная поверхность сцепления проволоки диаметром 3 мм выше, чем диаметром 4 мм, то надежная

анкеровка арматуры диаметром 3 мм класса Вр-1 в бетоне будет обеспечена в том случае, если поперечный стержень, приваренный к ней, будет расположен на глубине 35...40 мм от грани опоры.

Таким образом, при указанной схеме (рис. 1,б) расположения поперечных стержней в месте разрезки и минимальной глубине опирания панелей на стены по серии 1.141-1, равной 90 мм, расстояние от грани стены до крайнего стержня будет равно 40 мм, что вполне достаточно для надежной анкеровки в бетоне продольных проволок сварной сетки верхней полки.

Для пустотных панелей перекрытий каркасных зданий по серии ИИ-04-4, 1.020, которые свободно опираются на ригели, по торцам сеток можно использовать свободные концы продольных проволок, длина которых будет определяться длиной изделия (рис. 1,в) либо технологическими соображениями, чтобы не было обвалов сводов над пустотными панелями в торце изделия при извлечении пуансонов-пустотообразователей из свежееотформованного изделия.

Таким образом, унификация шага поперечных стержней, применение трех реле-счетчиков импульсов (РСИ) позволили автоматизировать изготовление сварных сеток для верхней полки многупустотных панелей перекрытия и обеспечить их изготовление в соответствии с требованиями проекта.

Результаты проведенной работы полезно, по-видимому, учесть при комплексном проведении унификации параметров сеток и внедрении высокопроизводительного сварочного оборудования для их изготовления [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крамарь В. Г., Арзуманян К. М., Кожухов П. И. Исследование круглопустотных панелей перекрытий, заземленных по концам в стену // Бетон и железобетон. — 1983. — № 3. — С. 27—28.
2. Крамарь В. Г., Арзуманян К. М., Эпп А. Я., Панков Н. А. Влияние заземления в стенах на прочность и трещиностойкость панелей безопалубочного формирования // Бетон и железобетон. — 1983. — № 2. — С. 8—9.
3. Рекомендации по применению арматурной холоднотянутой проволоки периодического профиля повышенной прочности класса Врп-1 из низкоуглеродистой стали в железобетонных конструкциях / К. В. Михайлов, В. И. Бондаренко, В. В. Амарян, Л. А. Зборовский. — М.: НИИЖБ, 1985. — 22 с.
4. Рожников М. Д. Стандарт на сварные арматурные сетки // Бетон и железобетон. — 1986. — № 5. — С. 41—42.

И. И. ЛУЧКО, канд. техн. наук (Физико-механический ин-т АН УССР);
В. В. КАПЕЛЮЖНЫЙ, инж. (Львовский политехнический ин-т)

Исследование балок с концентраторами напряжений в сжатой зоне при высоких нагрузках

Экспериментальным исследованиям процесса возникновения и развития трещин в растянутом бетоне и образования микротрещин в сжатом бетоне посвящено довольно много работ [1...4], в которых показано, что после достижения уровня $R_{сгс}^v$ существенно ухудшаются многие показатели, характеризующие работу сжатой зоны изгибаемых элементов, происходит ее отличие от работы при центральном сжатии. При длительном действии нагрузки в интервале (0,8...0,9) M_u данные практически отсутствуют, поэтому целесообразность исследований для дальнейшего совершенствования и развития теории железобетона и практического его использования очевидна.

Практикой строительства установлено, что в сжатой зоне балок довольно часто встречаются концентраторы напряжений — трещины, закладные детали (чаще всего в статически неопределимых конструкциях) или просто какие-либо случайные дефекты, из-за чего ставится под сомнение возможность дальнейшего использования такой конструкции. С целью получения экспериментальных деформаций и оценки распределения напряжений в сжатой зоне бетона авторы измерили их с помощью упругих элементов, являвшихся одновременно и концентраторами напряжений.

В качестве таких элементов применяли пластины из дюралюминия, подобранные по жесткости бетона, состоящие из четырех двутавровых элементов (рис. 1). Их устанавливали по середине пролета в сжатой зоне одной или двух балок (балки с индексом А), каждой серии, изготовленных из трехкомпонентных бетонов классов В25... В35 с различным μ и испытанных длительным нагружением нагрузкой (0,7...0,9) M_u (см. таблицу).

Опытные моменты трещинообразования обычных и преднапряженных балок при различном μ , средние деформации крайних сжатых волокон бетона и растянутой арматуры, прогиб и кривизна элементов к концу длительных испытаний и разрушающие моменты приведены в таблице. Характерные картины разру-

Шифр балок	μ , %	M/M_u	t , сут	$M_{сгс}^{exp}$, кН·м	$\varepsilon_s, m \times 10^5$	$\varepsilon_b, m \times 10^5$	f , мм	$1/\rho \cdot 10^5$ см ⁻¹	M_u , кН·м
НБ-I-1д	2,33	0,75	630	11,64	200	420	1,66	36,88/41,33	27,57
НБ-IA-3д	2,32	0,77	624	10,88	218	364	2,74	60,90/39,06	27,14
НБ-II-3д	2,34	0,83	601	11,65	197	413	1,82	40,33/41,22	25,88
НБ-IIA-4д	2,32	0,68	600	10,55	152	252	1,68	37,22/27,11	26,65
ОБ-II-1д	2,35	0,87	598	4,20	323	628	2,76	61,33/64,69	23,90
ОБ-IIA-2д	2,34	0,70	598	3,82	240	382	2,03	45,01/41,75	25,75
НБ-III-1д	3,02	0,71	635	11,71	177	433	1,89	42,11/41,22	31,31
НБ-IIIA-3д	3,01	0,74	635	10,90	185	321	2,15	47,66/34,40	30,55
ОБ-III-3д	3,08	0,74	636	5,16	251	469	2,25	49,99/48,65	30,02
ОБ-IIIA-4д	3,02	0,68	636	4,83	250	306	2,30	50,99/37,57	31,50

Примечание. Перед чертой — по индикаторам; после черты — по датчикам.

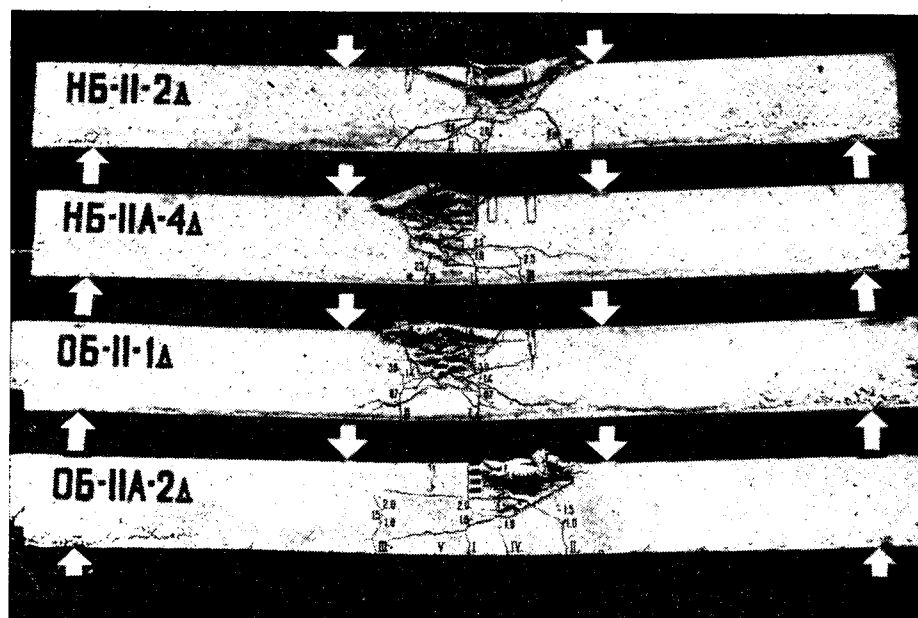
шения опытных образцов с упругими элементами в сжатой зоне (концентраторами напряжения) показаны на рис. 1. На рис. 2 представлены кривые изменения средних относительных деформаций крайних сжатых волокон бетона и растянутой арматуры, кривизна балок за период 598...636 сут при уровне нагружения (0,7...0,9) M_u . На рис. 3 приведены кривые, характеризующие параметрические уровни $R_{сгс}^v$ и θ балок.

Из анализа таблицы видно, что экспериментальные усилия образования трещин оказались на 10...12% ниже в

балках с упругими элементами (как в обычных, так и преднапряженных, независимо от μ), чем в аналогичных образцах без них. Это объясняется тем, что напряжения в растянутом бетоне и арматуре более высокие вследствие перераспределения усилий из сжатой зоны в растянутую.

Характер образования и развития трещин, нормальных к продольной оси балок с упругими элементами в сжатой зоне и без них одинаков. Ширина раскрытия нормальных трещин в растянутой зоне (средняя и максимальная) в

Рис. 1. Характерные картины распределения трещин по длине элемента и разрушения балок с упругими элементами в сжатой зоне и без них



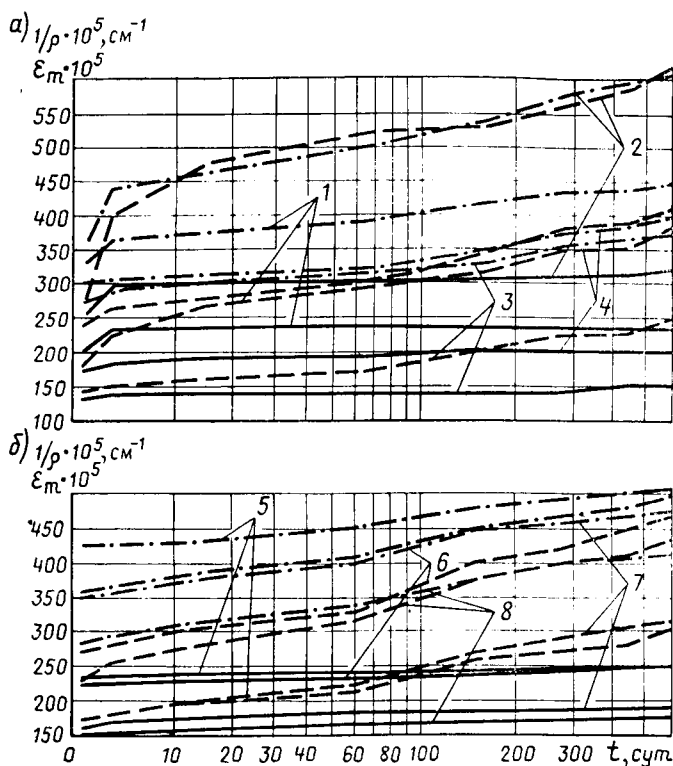


Рис. 2. Графики изменения средних относительных деформаций крайних сжатых волокон бетона (—) и растянутой арматуры (---), а также кривизны балок (— · —) за период наблюдения при нагрузке (0,7...0,9) M

$a - \mu = 0,023$; $b - \mu = 0,03$
 1 — ОБ-IIA-2д; 2 — ОБ-II-1д; 3 — НБ-IIA-4д; 4 — НБ-II-2д; 5 — ОБ-IIIА-4д; 6 — ОБ-III-3д; 7 — НБ-IIIА-2д; 8 — НБ-III-1д

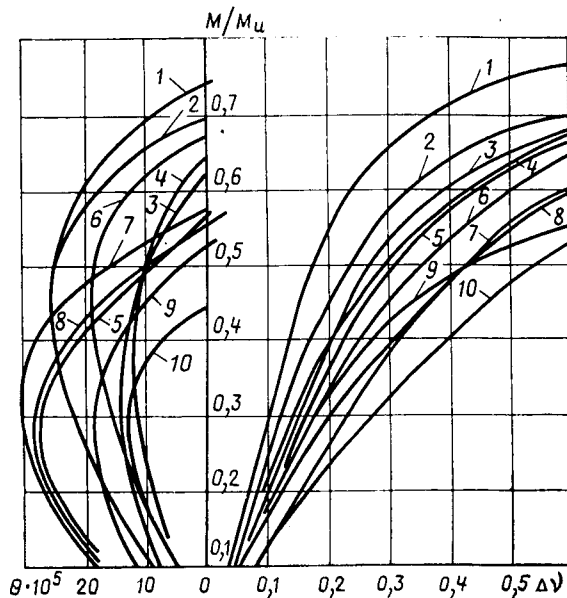


Рис. 3. Зависимости $M/M_u - \Delta v$ и $M/M_u - \theta$ для определения параметрических уровней R_{crs}^v и R_{crs}^0 характерных балок

1 — НБ-IA-3д; 2 — НБ-I-1д; 3 — НБ-IIIА-3д; 4 — НБ-IIA-4д; 5 — ОБ-IIIА-4д; 6 — НБ-II-2д; 7 — ОБ-III-3д; 8 — ОБ-IIA-2д; 9 — НБ-III-1д; 10 — ОБ-II-1д

балках с упругими элементами в сжатой зоне больше (до 10%), чем в аналогичных образцах без таких элементов. Первые трещины появляются, как правило, в сечениях под упругими элементами. Число трещин в зоне чистого изгиба в балках с упругими элементами и без них оказалось примерно одинаковым. Число трещин увеличивалось при нагружении до (0,4...0,5) M_u .

Деформация растянутой арматуры в балках с упругими элементами на 5...10% больше, чем в аналогичных образцах (при прочих равных условиях) без таких элементов. Это объясняется перераспределением усилий в связи с наличием концентратора напряжений в виде упругих элементов. Из рис. 2 видно, что средняя деформация бетона сжатой зоны значительно (до 30%) меньше в балках с упругими элементами. Общая деформативность этих балок почти на 10% больше, чем без таких элементов. Значительная часть деформаций бетона сжатой зоны сконцентрирована в сечениях по граням концентратора напряжений.

При высоких уровнях нагрузки прогибы и кривизны независимо от прочности бетона и содержания растянутой

арматуры оказались заметно (до 30%) больше в балках с упругими элементами. Это подтверждается данными, приведенными в таблице. Кривизны, вычисленные по показаниям индикаторов и датчиков, существенно (до 50%) различаются в балках с упругими элементами, а в балках без них всего на 2...4%. Попытка с помощью упругих элементов в сжатой зоне бетона получить четкую картину распределения напряжений по высоте и ширине балок хотя и подтвердила в общем известное положение о нелинейности напряжений и деформаций при высоких нагрузках, но из-за разброса данных, обусловленных, по-видимому, неоднородностью бетона и концентрацией напряжений в сечениях на контакте «бетон — упругий элемент», не дала качественного результата.

Представляет интерес сравнительный анализ деформативности обычных и преднапряженных балок при высоком уровне нагружения. Кривизны и деформации арматуры балок ОБ-III-3д, ОБ-IIA-4д при нагрузке (0,68...0,74) M_u оказались больше (до 10%) аналогичных показателей балок НБ-III-1д и НБ-IIIА-3д (см. рис. 2 и таблицу).

За время выдерживания под нагруз-

кой продольные деформации крайних сжатых волокон балок оказались больше начальных в 1,8...2,2 раза, высота сжатой зоны увеличилась в 1,3...1,4 раза, а полные прогибы и кривизны превосходили начальные в 1,5...1,8 раза. Как и в опытах с более низким уровнем загрузки, деформации сжатого бетона и растянутой арматуры развивались с разной интенсивностью, причем интенсивность приращения деформаций арматуры была относительно малой. Это свидетельствует о том, что независимо от уровня нагрузки и вида бетона основное приращение деформаций и прогибов происходило при прогрессирующем трещинообразовании в растянутом бетоне, ползучести и возникновении дополнительных напряжений в растянутой арматуре.

Как видно из рис. 3, μ не влиял на границу трещинообразования в сжатой зоне бетона. Наличие в сжатой зоне бетона части балок упругих элементов, поглощающих не только продольные, но и поперечные деформации, изменило картину трещинообразования, в результате чего кривые, определяющие параметрические уровни R_{crs}^v в этих балках, оказались выше. Парамет-

рический уровень $R_{срс}^V$ в преднапряженных балках выше, чем в обычных (до 20%) и с возрастанием интенсивности преднапряжения возрастает.

Форма эпюры сжатой зоны практически не влияла на теоретическую величину прочности, поскольку разрушение образцов проходило по растянутой зоне при относительно малой высоте сжатой зоны. Этим и объясняется почти полное совпадение экспериментальных данных балок с упругими элементами и без них.

Характер разрушения образцов (см. рис. 1) с упругими элементами в сжатой зоне практически не отличался от образцов без них. Как видно из таблицы, длительное действие нагрузки незначительно отразилось на несущей способности балок. В среднем несущая способность образцов, выдержанных под нагрузкой (0,7...0,9) M_u , оказалась ниже, чем балок, не подвергавшихся предварительному нагружению, на 6...8%. Это объясняется прогрессирующим во времени трещинообразованием, а также влиянием усадки и ползучести бетона.

Получены экспериментальные данные о длительной деформативности, трещиностойкости и несущей способности обычных и преднапряженных изгибаемых элементов, а также с упругими элементами (концентраторами напряжений) в сжатой зоне бетона при высоких нагрузках (0,8...0,9) M_u .

Различные дефекты (трещины, складные детали) существенно влияют на эксплуатационные качества (моменты трещинообразования, ширину раскрытия трещин, несущую способность, характер разрушения, прогибы и т. д.) таких конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берг О. Я. Некоторые вопросы теории деформаций и прочности бетона // Изв. вузов. Сер. Стр-во и архитектура. — 1967. — № 10. — С. 41—56.
2. Дегтярев В. В., Гагарин Ю. А. О закономерностях изменения напряженного состояния высокопрочного бетона при внецентренном сжатии // Бетон и железобетон. — 1979. — № 3. — С. 28—32.
3. Карапетян В. А. Экспериментальное изучение распределения напряжений в сжатой зоне балок из легкого железобетона // Известия АН Армянской ССР. — 1969. — Т. 22. — № 5. — С. 31—35.
4. Рокач В. С., Кочетков Ю. И. Экспериментальное исследование работы высокопрочного бетона в сжатой зоне предварительно напряженных изгибаемых элементов // Вестник Львовского политехнического ин-та. Вопросы современного строительства. — 1969. — № 35. — С. 189—199.

Бетоны

УДК 691.54:62-218.2.002

О. А. ЗВЕЗДИН, канд. техн. наук, К. К. МИРОШНИЧЕНКО, инж.,
В. Н. ПУНАГИН, д-р техн. наук (Днепропетровский инженерно-строительный ин-т)

Составы, компенсирующие усадку, на основе напрягающего цемента

При поставках импортного технологического оборудования на строящиеся предприятия нашей страны иностранные фирмы предъявляют жесткие требования к качеству подливок в фундаментах под оборудование, способные обеспечить его надежную работу.

Такие составы должны содержать вяжущее с компенсированной усадкой, обладать повышенной прочностью на изгиб (не ниже 8,0 МПа), деформативностью, маслостойкостью. Удовлетворяющие этим требованиям импортные составы дороги — около 500 р. за 1 т.

В Днепропетровском инженерно-строительном институте по заданию Укргипромеза проведены исследования, целью которых являлось получение отечественных составов с заданными свойствами. Задача усложнялась тем, что такие параметры надо было обеспечить в составах высокой подвижности (погружение конуса 10...12 см по ГОСТ 5802—78), которыми можно производить подливку под оборудование высотой 5...8 см.

Задачу решали с использованием напрягающего цемента НЦ-20 Днепродзержинского цементного завода (ТУ 21-20-18-80).

Для обеспечения заданных параметров в составах с высокой подвижностью использовали добавку суперпластификатора С-3. Для повышения прочности на изгиб, деформативности, а также для уменьшения усадочных деформаций в составы вводили щелочестойкое стекловолокно Ш-15ЖТ. Экспериментировали на цементно-песчаных смесях ($M_{кр}$ песка = 1,6). Составы приготавливали в спирально-вихревом смесителе ССВ-0,01 с гибким корпусом. Эта усовершенствованная в ДИСИ конструкция позволяет приготавливать смеси повышенного качества. Однако учитывая, что промышленный выпуск таких смесителей не налажен, опыты по приготовлению составов со стекловолокном проводили в смесителе лопастного типа СО-46, имеющегося в любой строительной организации.

Для обеспечения равномерного распределения фибр по объему смеси было разработано специальное устройство для распушки и подачи фибр в бетоносмеситель.

Исследования позволили установить, что в смесителях лопастного типа при использовании устройства для распушки и подачи фибр можно получить составы высокого качества с содержанием дисперсной арматуры до 3% массы цементно-песчаной смеси.

Оптимальным для получения высокоподвижных составов является введение около 0,5% (массы цемента) суперпластификатора С-3. При этом расход воды снижается на 25%. Дальнейшее увеличение расхода С-3 приводит к чрезмерному воздухововлечению смеси, поэтому существенного роста прочности в дальнейшем не наблюдается.

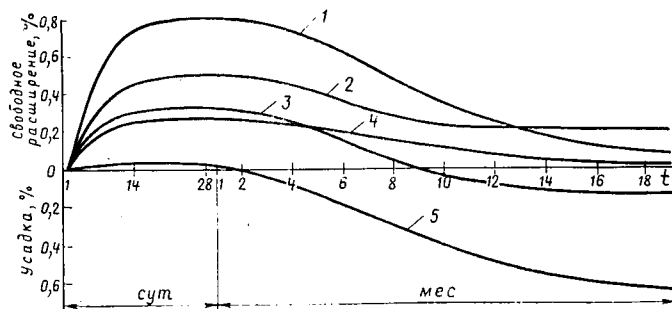
Введение С-3 в этих пределах не снижает, а даже несколько повышает величину самоупрочнения. В результате удалось обеспечить эффект самоупрочнения в высокоподвижных смесях.

Введение до 2% стеклянного волокна (при длине фибр 20 мм) позволяет увеличить прочность на изгиб до 11,4 МПа, ударную вязкость до 28 КДж/м².

Исследования изменения прочности на изгиб во времени стеклофибробетона на напрягающем цементе и на портландцементе при одинаковой активности цемента свидетельствуют о том, что снижение прочности на изгиб составов на НЦ в течение двух лет не фиксируется, а для составов на портландцементной основе эта величина уменьшается.

Результаты рентгено-фазового и дифференциально-термического анализов составов на НЦ с 2%-ным содержанием стекловолокна, выдержанных два года в нормальных температурно-влажностных условиях, показали, что никаких новообразований, свидетельствующих об их разрушении, не обнаружено.

Составы с 2% стекловолокна на основе НЦ высокой подвижности обладают гораздо меньшей (в 7 раз) маслопрони-



Изменение деформаций расширения и усадки образцов различного состава в течение времени
 1 — состав на НЦ № 1* без фибры; 2 — состав на НЦ № 1 с 2% стекловолокна; 3 — состав на НЦ № 2 без фибры; 4 — состав на НЦ № 2 с 2% стекловолокна; 5 — состав на НЦ с 2% стекловолокна (Состав на НЦ № 1* — подвижность 10...11 см по ГОСТ 5802—78; П/Ц=1, активность портландцемента и напрягающего цемента в составах 1:3 одинакова)

цаемостью по сравнению с составами на обычном вяжущем. Прочность предлагаемых нами составов на НЦ со стекловолокном, выдержанных в течение двух лет в масле средней агрессивности, снизилась на 6%, а составов на портландцементе — на 22%.

Исследования деформаций расширения и усадки образцов различного состава (в том числе со стекловолокном) на основе напрягающего цемента НЦ-20 и на портландцементной основе показали, что для полной компенсации усадки составов, эксплуатирующихся при температуре выше 30°C и низкой относительной влажности (как в большинстве цехов металлургических предприятий),

необходимо, чтобы напрягающий цемент давал свободное расширение не менее 0,3...0,5% (самонапряжения не ниже 2,0...2,4 МПа) для составов со стекловолокном и без него соответственно.

Как видно из графика (см. рисунок), через 1,5 года хранения усадка образцов из стеклофибробетона (с 2% фибры) на портландцементе составила 0,6%. В образцах аналогичного состава № 1 на НЦ после окончания расширения, величина которого составила 0,52%, потери от усадки составили 0,3%, т. е. остаточная величина свободного расширения равна 0,22%. Свободное расширение образцов из раствора на НЦ № 1 без фибры — 0,79%, потери от усадки

таких образцов через 1,5 года равнялись 0,7%.

Если величина свободного расширения раствора на НЦ составляет около 0,3%, то для того, чтобы ее не превысили усадочные деформации, необходимо вводить 2% стекловолокна (см. составы на НЦ №2). Свободное расширение составов на НЦ № 1 и НЦ № 2 при проверке по ТУ 21-20-18-80 равно 0,81 и 0,32% соответственно. Длина фибры в составах со стекловолокном равнялась 20 мм. Введение же большего количества волокна увеличивает водопотребность смеси, что приводит к снижению прочности на сжатие, а использование волокон большей длины уменьшает ее подвижность.

Таким образом, результаты исследования позволили рекомендовать составы на основе напрягающего цемента НЦ-20 (в том числе со стекловолокном) высокой подвижности в качестве подливки под импортное технологическое оборудование вместо дорогостоящих импортных составов.

При внедрении описанных составов в 1986 г. на строительстве цеха прессования труб одного из трубных заводов страны экономический эффект составил около 142 тыс. р.

УДК 624.074:691.327:666.973

И. Ш. МОНАДИРШВИЛИ, М. М. ХОДЖАШВИЛИ, кандидаты техн. наук
 (КНИИСМ ГрузНИИСтром)

Легкие бетоны на термоупрочненном заполнителе в несущих конструкциях

Растущая потребность в легких бетонах для несущих конструкций диктует необходимость применения для них высокомарочных заполнителей на базе местного сырья.

Во многих регионах страны нерудных материалов либо недостаточно, либо их качество не отвечает требованиям производства конструкций из легких бетонов. Так, в Закавказье, на Дальнем Востоке, в Забайкалье имеются крупные залежи вулканических пористых пород, однако из них около 75% имеет низкую прочность и может использоваться лишь для бетонов классов до В15. В этой связи целесообразно изыскать возможности их упрочнения для получения легких бетонов классов до В40 включительно.

В КНИИСМ ГрузНИИСтром разработана технология упрочнения пористого

щебня из слабых вулканических пород путем предварительного опудривания его композиционной смесью и скоростным в течение 5...7 мин обжигом при температуре 1130...1160°C. Увлажненный щебень покрывается (опудривается) сухой смесью, состоящей из песка того же месторождения и легкоплавкой глины, совместно измельченных (соответственно 3:1 по массе) в горизонтально вращающемся барабане. Затем высушенный заполнитель подается в обжиговую печь.

Обжиг такого щебня в обычных вращающихся печах, где происходит непрерывное перекачивание материала, приводит к отделению его поверхностного слоя, что уменьшает эффект опудривания зерен и способствует их слипанию. Для этой цели наиболее подходящей является кольцевая печь с враща-

ющимся подом конструкции ЦНИИЭП-сельстроя, в которой зерна заполнителя находятся в неподвижном монослое. Такое расположение создает благоприятные условия для быстрого нагрева без отделения поверхностного слоя и слипания зерен.

В Кольчугино (Владимирская обл.) в полупромышленных условиях в кольцевой печи была выпущена опытно-промышленная партия термоупрочненного заполнителя из вулканического шлака месторождения Дадеша Грузинской ССР. Расчетная себестоимость полученного заполнителя с учетом расхода 75 кг усл. топлива на 1 м³ материала составила 8,3 р.

По сравнению с исходным щебнем прочность в цилиндре термоупрочненного заполнителя повышается в 4...6 раз

(до 4,2 ... 6,0 МПа), модуль упругости — в 2 ... 2,5 раза (до 16 000 ... 17 500 МПа), при незначительном увеличении насыпной плотности в 1,25 ... 1,35 раза (до 800 ... 900 кг/м³). Заполнитель приобретает округло-граненую форму с шероховатой поверхностью и характеризуется высокой степенью однородности по насыпной плотности и прочности ($V_x = 4,1\%$ и $V_x = 1,5\%$ соответственно).

Если до термообработки исходный вулканический щебень обеспечивал получение легких бетонов классов до В7,5 включительно, то после термоупрочнения при нормативном расходе цемента предельный класс бетона возрастает до В40 включительно, а средняя плотность высушенного бетона не превышает 1900 кг/м³.

Легкие бетоны на полученном заполнителе имеют более высокие показатели, чем предусмотрено СНиП 2.03.01—84. Так, прочность бетонов классов В15 ... В40 при осевом сжатии на 25 ... 35%, а при растяжении в среднем на 15% больше нормируемой. Начальный модуль упругости исследованных легких бетонов превосходит нормируемый на 8 ... 20%, не уступает шлакопемзобетону тех же классов по прочности и в среднем на 10% больше, чем керамзитобетон.

Деформации усадки бетонов на термоупрочненном заполнителе классов В30 и В40 составляют 0,46 ... 0,55 мм/м, что на 20 ... 25% превышает деформации усадки тяжелого бетона. Мера ползучести бетонов тех же классов, колеблющаяся в пределах 4,2...6,3·10⁻⁵ МПа⁻¹ и в среднем на 15% меньше, чем керамзитобетона, незначительно (на 10%) больше равнопрочного тяжелого бетона. Абсолютные значения границ микротрещинообразования R_{crc}^0 и R_{crc}^v существенно — на 25 ... 40% превышают таковые равнопрочного тяжелого бетона.

Таким образом, прочностные и особенно деформативные показатели бетона на термоупрочненном заполнителе приближаются к показателям тяжелого бетона, одновременно сохраняется основное преимущество легкого — низкая средняя плотность. Это позволяет рекомендовать исследованный легкий бетон для несущих конструкций вместо тяжелого.

Из полученного в заводских условиях термоупрочненного заполнителя на заводе крупнопанельного домостроения Минстроя Грузинской ССР были изготовлены и испытаны ригели и колонны из легкого бетона классов В25 и В30 для каркасно-панельного жилого здания серии ИИС-04 (1.020.1-2с) по принятой технологии.

Параллельно с формированием конструкций изготавливали контрольные кубы

и призмы для испытаний. Часть образцов подвергали термовлажностной обработке в условиях, идентичных изготовлению конструкций, а другая часть твердела в нормальных (стандартных) условиях. Прочность бетона в конструкциях определяли ультразвуковым методом по ГОСТ 17624—78. Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высокой степени достоверности и идентичности прочностных показателей, полученных ультразвуковым методом и непосредственным испытанием контрольных образцов.

Для определения эффективности легкого железобетона на исследованном заполнителе по сравнению с тяжелым произвели прочностной расчет каркасно-панельного 16-этажного 10-секционного жилого дома указанной серии. На ЭВМ ЕС-1022 методом конечных элементов для зданий из легкого и тяжелого бетонов был произведен сравнительный расчет совместно с институтом ТбилЗНИИЭП. Класс бетонов в обоих случаях — В30, без изменения сечений элементов. Физико-технические показатели, заложенные в ЭВМ для расчета зданий из тяжелого бетона, взяты по СНиП 2.03.01—84, а из легкого — по данным разработанной ГрузНИИстромом и утвержденной Госстроем Грузинской ССР Инструкции РСН 09-87.

Уменьшение массы зданий при использовании легкого железобетона вместо тяжелого обуславливает снижение постоянных нагрузок и сейсмических сил на конструктивные элементы. Как показал расчет, уменьшение нагрузки и более высокий показатель призмной прочности легкого бетона позволили достичь существенной экономии рабочей арматуры на каркас за счет колонн нижних этажей до 5-го включительно.

В изгибаемых элементах ввиду большей деформативности и более низкого уровня жесткости легкого бетона по сравнению с тяжелым экономия стали незначительна. Для выявления экономического эффекта от полной замены тяжелого бетона легким сравнивали расход рабочей арматуры класса А-III в колоннах.

По данным действующих прейскурантов полная расчетная себестоимость изготовления 1 м³ тяжелого бетона с учетом транспортно-заготовительных расходов на материалы составляет 24,95 р., а легкого на термоупрочненном заполнителе — 27,20 р. Всего для каркаса здания расходуются 569,5 м³ бетона, из них 259,5 м³ для колонн. На основании машинного расчета расход рабочей арматуры класса А-III на колонны каркаса для зданий из тяжелого бетона составляет 31 978 кг, а для зданий из легкого — 21 788 кг. С учетом стоимости бетона и

арматурной стали класса А-III 240 р/т составлена таблица, в которой приведены основные технико-экономические показатели каркаса зданий вышеуказанной серии.

Показатели	Тяжелый бетон	Легкий бетон
Стоимость арматуры класса А-III для колонн на каркас, р.	7674,8	5229,1
Стоимость бетона на каркас, р.	14209	15490

Следовательно, экономический эффект от замены тяжелого железобетона легким на 1 м³ каркаса составит 2,05 р. По данным Минстроя Грузинской ССР для каркаса зданий серии ИИС-04 ежегодно выпускается около 25 тыс. м³ железобетонных несущих конструкций. Ожидаемый годовой экономический эффект от замены в каркасах зданий тяжелого железобетона легким составит 51 250 р/год.

Экономический эффект достигается за счет меньшего расхода арматурной стали, экономия от стоимости которой перекрывает сравнительно высокую стоимость легкого бетона. Следует отметить, что в расчете не учтено возможное снижение расходов на транспортно-монтажные работы при использовании конструкций из легкого железобетона. Это дополнительно повысит эффективность применения термоупрочненного заполнителя.

Таким образом, доказаны возможность и эффективность замены тяжелого железобетона легким на основе полученного заполнителя.

Новые изобретения

№ 30*

А. с. 1416469 СССР, МКИ³ С 04 В 28/02, 14/02. Бетонная смесь/З. Х. Джумаходжаев, А. Н. Волков, А. Я. Хакумжанов (СССР); НПО Силикат.

А. с. 1416472 СССР, МКИ³ С 04 В 28/34. Сырьевая смесь для производства огнеупорного бетона/А. А. Верлоцкий, И. П. Рублевский, Л. В. Рыков, М. В. Куликова (СССР).

А. с. 1416476 СССР, МКИ³ С 04 В 40/00, 3808. Способ приготовления бетонной смеси на пористых заполнителях перенной влажности/Н. И. Зошук, С. А. Зырянов (СССР) Криворожский горнорудный ин-т.

* См: Открытия. Изобретения. — 1988.

Б. А. ЛИШАНСКИЙ, канд. техн. наук, А. В. ЛАЗУРЕНКО, инж.
(завод ЖБК № 1 ПО Харьковжелезобетон)

Применение микропроцессоров и микроЭВМ в технологии сборного железобетона

Современное производство железобетонных изделий характеризуется большой номенклатурой, что вызвано необходимостью получения широкого спектра рецептуры бетонной смеси и параметров технологического процесса. Исходя из этого заказ бетонной смеси, ее приготовление и распределение внутри предприятия являются сложным и трудоемким процессом.

С развитием микропроцессорной техники появилась возможность автоматизированного управления этими процессами [1...2]. На заводе ЖБК № 1 ПО Харьковжелезобетон разработана автоматизированная система управления дозированием, приготовлением и распределением бетонной смеси на базе двухпроцессорного комплекса с микропроцессорами КР 580ИК80А. Структурная схема АСУ представлена на рис. 1. Система состоит из двух связанных между собой каналов прямого доступа в память (КПДП) процессоров. Первый из них — арифметико-логическое устройство (АЛУ1) — получает заказы с расщепленных пунктов по заданному объему бетонной смеси с определенными

ми рецептурами, ставит их в очередь, контролирует выполнение заказов, учитывает расход компонентов бетонной смеси, а второй — (АЛУ2) — управляет процессом приготовления бетонной смеси. При любой неисправности оборудования БСУ на экран дисплея выводится сообщение о ее характере и расположении. Кроме того, оператор может корректировать очередь заказов и контролировать ее выполнение. При изменении гранулометрического состава заполнителей, вида и марки цемента оператор корректирует описание содержимого расходных бункеров в памяти микропроцессора, задавая при этом номер бункера, вид компонентов смеси и их характеристики. При изменении влажности заполнителей и степени их загрязненности корректирование составов бетона производится автоматически. Значения параметров физико-механических свойств тяжелого бетона, приведенные в [3] и используемые в системе, обеспечиваются корректировкой расходов компонентов бетонной смеси, что позволяет адаптировать рецептуры к реальным производственным условиям.

Новые значения расхода компонентов бетонной смеси с учетом [4] можно определить из выражений:

$$K' = K / [(1 - V_k) (1 - Z_k)], \quad (1)$$

$$M' = M / (1 - V_m) - K' Z_k, \quad (2)$$

$$V' = V - K' V_k - M' V_m, \quad (3)$$

где M, K — известная масса чистого сухого мелкого и крупного заполнителей соответственно; M', K' — масса мелкого и крупного заполнителей, влажность и гранулометрический состав которых отличаются от принятого при назначении лабораторией состава бетона; V_k, V_m — содержание влаги в крупном и мелком заполнителях соответственно; Z_k — содержание песка в крупном заполнителе; V — истинная масса воды (расход при сухих заполнителях) с учетом ее содержания в химических добавках; V' — необходимое количество воды в производственных составах бетона.

Расчет по формулам (1)...(3) согласуется с правилами подбора состава бетона по ГОСТ 27006—86.

Использование в автоматизированной системе рассредоточенных на территории предприятия пунктов заказа позволяет с помощью контроллера магистрали ввода — вывода (КМВВ) ввести в память микропроцессора потребность каждой из технологических линий в объеме бетонной смеси с указанием номера рецепта. Введенные заказы размещаются в таблице очереди, созданной программно по графику подачи смеси. При совпадении текущего времени с указанной в строке таблицы очереди данный заказ передается для выполнения с помощью КПДП в АЛУ2. Оперативная корректировка, таблицы очереди производится оператором и позволяет перенести заказ на любое время или его полностью исключить в зависимости от производственной необходимости.

Для приготовления бетонной смеси по выбранному из очереди заказу соответствующий ему рецепт поступает в блок управления непосредственным приготовлением (АЛУ2), который определяет возможность приготовления смеси по данному рецепту и на определенном бетоносмесителе. При невозможности приготовления смеси определенного заказа система сообщает об этом оператору и на исполнение поступает следующий по очереди заказ, а невыполненный представляется в таблице очереди на ближайшее свободное время. Процесс приготовления бетонной смеси на БСУ включает следующие этапы: начальную (неточную) дозировку компонентов бетонной смеси и химических добавок, догрузку бункеров весовых дозаторов в шаговом режиме (точную дозировку),

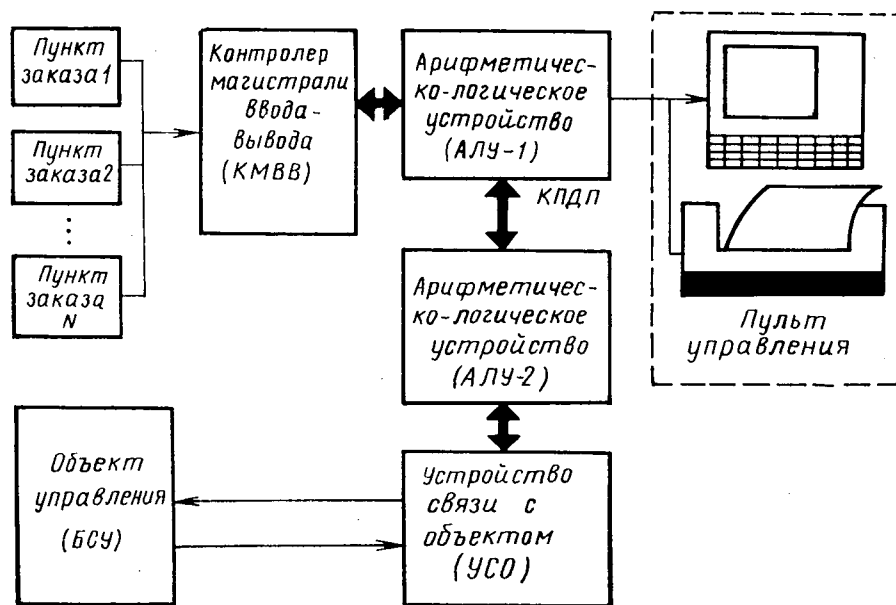


Рис. 1. Структурная схема АСУ дозированием, приготовлением и распределением бетонной смеси



Рис. 2. Пульт АСУ ТВО объемных блоков

подачу содержимого дозаторов в бетоносмеситель, перемешивание и выдачу приготовленной смеси потребителю.

Все эти операции производятся автоматически при управлении АЛУ2. Полученная бетонная смесь направляется на посты формования, после чего изделия подвергаются тепловлажностной обработке (ТВО). В процессе ТВО необходимо, чтобы режимные параметры изменялись по определенному закону, как функции времени, независимо от значения и характера внешних воздействий. Для осуществления непрерывного контроля и регулирования температуры по заданному графику используется микропроцессорный комплекс на базе процессора КР580ИК80А. В общем случае график ТВО состоит из трех участков, что позволяет наглядно контролировать процесс, т. е. в любое время автоматизированная система может сообщить оператору, на каком участке графика находится любая из пропарочных камер. Кроме того, на экране дисплея представлена информация о температуре и ее отклонении от расчетной в данный момент. При этом система анализирует эти отклонения и вырабатывает соответствующее воздействие. Если отклонение температуры превышает 10% расчетного значения, оператор получает информацию о нарушении технологического процесса ТВО. При необходимости он может прекратить подачу теплоносителя или возобновить ее по принятому режиму ТВО. Кроме того, он может варьировать параметры режима ТВО в любой пропарочной камере.

На рис. 2 представлен пульт автоматизированной системы управления ТВО бетонных объемных блоков на Харьковском заводе ЖБК № 1. Автоматизированы также расчеты, связанные с входным контролем качества поступающих материалов, проектированием состава

бетона (САПР-СТБ), корректировкой рецептур бетона на БСУ, выбором оптимальных концентраций химических добавок для получения заданных прочности бетона и удобоукладываемости смеси, определением характеристик однородности бетона по прочности, которые представляют собой соответствующие подсистемы. Для выполнения этих расчетов используют микроЭВМ «Электроника ДЗ-28» с печатающим устройством «Консул-260.1». Подсистема «Входной контроль» включает следующие задачи: расчет основных характеристик крупного заполнителя (объемной насыпной массы, плотности, пустотности, влажности, фракционного состава, загрязненности), мелкого заполнителя (модуля, крупности, загрязненности, плотности, объемной насыпной массы, пустотности, влажности), вяжущего (активности, нормальной густоты, времени схватывания, усилий при разрушении и расплытие конуса), арматурной стали (предела текучести, временного сопротивления, относительного удлинения после разрыва). По решению каждой задачи получен протокол испытаний с заключением о соответствии материалов требованиям, предъявляемым ГОСТами.

Подсистема «Корректировка» предназначена для корректирования рецептур в условиях изменения активности цемента. При этом расход цемента Π' для активности R'_{Π} определяется по формуле Н. М. Беляева

$$\Pi' = \Pi \sqrt[m]{R_{\Pi}/R'_{\Pi}}, \quad (4)$$

где Π — расход цемента с активностью R_{Π} ; m — коэффициент, равный 1,2...1,5.

Расход заполнителей бетонной смеси с учетом Π' определяется из выражений:

$$K'' = \frac{V - B - \Pi'}{1 + r}, \quad (5)$$

$$M'' = K'' r, \quad (6)$$

где V — заданная объемная масса бетонной смеси; $r = M/K$. Полученные по формулам (5) и (6) значения используются для ввода в АСУ дозированием, приготовлением и распределением бетонной смеси, где в формулах (1)...(3) они принимают значения $K = K''$, $M = M''$. При использовании химических добавок возникает необходимость определения их расхода, при котором бетонная смесь сохраняет характеристики, а ее удельная стоимость — минимальна

$$C(K, M, \Pi, B, D) \rightarrow \min,$$

$$R'_6 \geq R_6, \quad V'_d = V_d, \quad (7)$$

где C — функция удельной стоимости бетонной смеси; R_6, R'_6 — прочность бетона без добавки и с ее использованием соответственно; D — расход добавки; V_d, V'_d — удобоукладываемость бетонной смеси без добавки и с ее использованием. Для решения задачи (7) изменение прочности бетона представлено в виде

$$R'_6 = R_6 \varphi(D), \quad (8)$$

где $\varphi(D)$ — функция влияния содержания добавки в бетонной смеси на прочность бетона. Изменение водопотребности смеси с добавками представлено в виде

$$B' = B F(D, M_n), \quad (9)$$

где $F(D, M_n)$ — функция пластификации, M_n — модуль пластификации.

Все подсистемы объединены в программный комплекс «Лаборатория», позволяющий оперативно производить входной контроль поступающих материалов, корректирование рецептур бетонной смеси на БСУ, а использование автоматизированных подсистем приготовления и ТВО бетона — получить экономии материалов, энергоресурсов, высвободить работников, связанных с ручным трудом, и повысить культуру труда при производстве сборного железобетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гойхман А. Я., Серлик Ю. С. Микропроцессорная система автоматизации дозирования и приготовления бетонных смесей // Материалы семинара «Автоматизация и роботизация производства сборного железобетона». — М.: МДНТП, 1986. — С. 74—78.
2. Красильникова З. С., Шороп О. Е., Языков В. Д. Автоматизированный комплекс приготовления бетонной смеси. Строительные материалы и конструкции. — Киев: Будівельник, 1986. — 29 с.
3. Лишанский Б. А., Грушко И. М., Пузырева Н. П. Исследование влияния рецептурно-технологических факторов на изменение структурно-механических и реологических свойств растворов и бетонных смесей // Технологическая механика бетона. — Рига: Риж. политех. ин-т, 1986. — Вып. 11. — С. 72—89.
4. Младова М. В. Математическая модель управления составом бетонной смеси // Тяжелый бетон и его разновидности / Под ред. Л. А. Малинина. — М.: НИИЖБ, 1981. — С. 25—30.

Местное деформирование стержневых элементов при интенсивных нагрузках

В последние годы при проектировании объектов различного назначения часто приходится сталкиваться с необходимостью учета интенсивных ударных воздействий [1]. До настоящего времени отсутствует обоснованная методика расчета железобетонных элементов, поэтому проектировщики вынуждены вводить неоправданно высокие коэффициенты запаса несущей способности конструкций, что приводит к перерасходу материалов. С другой стороны, неучет указанных воздействий на стадии проектирования вызывает серьезный материальный ущерб и часто приводит к гибели людей.

Разработку методики расчета железобетонных элементов сдерживает ограниченность и противоречивость экспериментальных данных о поведении конструкции в зоне удара (при местном действии удара). Под местным действием обычно понимают проникание ударника в тело конструкции, откол бетона в результате возникновения отраженной от нижней поверхности волны растяжения и пробивание, причем только последние два явления можно рассматривать как предельные состояния стержневых конструкций, подвергающихся аварийным ударам. Однако эксперименты [2] свидетельствуют о том, что откол и пробивание отмечаются в стержневых железобетонных элементах лишь при достаточно высоких начальных скоростях удара при отсутствии поперечной и верхней продольной арматуры, что нехарактерно для реальных конструкций. Для адекватного описания общего поведения железобетонных балок и колонн исключительно важно установить зависимость между контактной силой P и внедрением носовой части (индентора) ударника α .

В работе [3] проверяли в основном применимость контактного закона Герца при внедрении в бетон цилиндрического индентора. Проведенными автором экспериментами установлено, что при прочих равных условиях наиболее не-

выгодным является нагружение плоским индентором (штампом). В этом случае контактная сила принимает наибольшее значение, а доля энергии, передающаяся конструкции, максимальна.

При клиновидном инденторе пиковое значение контактной силы снижается на 30...40% вследствие поглощения значительной части энергии удара при необратимом деформировании бетона под острием клина. Цилиндрический индентор занимает промежуточное значение между двумя рассмотренными случаями.

Для установления зависимости « $P - \alpha$ » образцы-близнецы, представлявшие фрагменты бетонных и железобетонных балок, подвергали одновременно ударному и статическому вдавливанию жесткого индентора. Исследования статического вдавливания жестких штампов в стержневые элементы с целью определения полной зависимости « $P - \alpha$ » также весьма ограничены, хотя имеют не только теоретическое, но и практическое значение, например для проектирования ленточных свайных ростверков и т. п.

Варьируемыми параметрами опытных образцов были прочность и возраст

бетона, высота сечения образца, содержание верхней продольной и поперечной арматуры, форма и размеры индентора.

Все образцы, кроме двух неармированных, имели одинаковую нижнюю продольную стержневую арматуру периодического профиля. Поперечную арматуру выполняли в виде замкнутых вязаных хомутов из мягкой стали. Параметры опытных образцов приведены в таблице.

С целью исключения прогибов образцы устанавливали на неподвижное сплошное основание. Для оценки влияния волновых эффектов часть образцов помещали на стальную пластину толщиной 8 мм, опертую по концам. Такие схемы испытаний достаточно близко соответствуют реальной работе конструкции, поскольку соударение жесткого ударника с конструкцией обычно происходит настолько быстро, что общие деформации конструкции за время контакта не успевают проявиться.

Испытания статической нагрузкой проводили на гидравлическом прессе, ударные — на копровой установке со стальным ударником массой 104 кг. Начальная скорость удара — 2,5...6 м/с.

В статических испытаниях фиксировали нагрузку P и соответствующее внедрение индентора α . Для замера α служили индикаторы часового типа. Некоторые образцы разгружали, затем повторно нагружали. При этом измеряли ускорение $\ddot{\alpha}$, после чего контактную силу P в любой момент времени определяли из выражения $P(t) = m_{уд}(\ddot{\alpha} + g)$ ($m_{уд}$ — масса ударника; g — ускорение свободного падения). Кроме того, электрооптическим методом фиксировали вертикальное перемещение индентора и бетона в зоне контакта под индентором. Для этого на боковую поверхность индентора и балки под индентором наклеивали датчики из эластичной пленки, окрашенные в черный и белый цвета. Отраженный от белой части датчиков свет фиксировали специальные камеры, работающие на основе фотоэффекта. Изменение количе-

Марка образца	Кубиковая прочность, МПа	μ , %	$\mu_{ш}$, %	Индентор
Б-1С	23,6	0,00	0,00	П
Б-2С (Д)	25,6	0,00	0,00	П
Б-3С (Д)	40,0	0,00	0,00	П
Б-4С	40,2	0,00	0,00	П'
Б-5С	40,2	0,00	0,00	Ц
Б-6С (Д)	49,0	0,00	0,00	П
Б-7С (Д)	63,3	0,00	0,00	П
Б-8Д	19,8	0,00	0,00	П
БА-9С (Д)	23,5	0,26	0,24	П
БА-10С (Д)	55,7	0,26	0,24	П
БА-11С (Д)	34,8	0,26	0,24	П
БА-12С (Д)	43,4	0,26	0,41	П
БА-13С	43,4	0,26	0,41	Ц
Б-14С (Д)	22,9	0,00	0,00	П
Б-15С (Д)	46,0	0,00	0,00	П

Примечания. Б — марка образца, содержащего только нижнюю продольную арматуру; БА — то же, с поперечным и верхним продольным армированием; П — плоский, размером 10×10 см; П' — то же, размером 5×10 см; Ц — цилиндрический, Ø5 см. Размер образцов Б-14С (Д) и Б-15С (Д) — 10×20 см, остальных — 10×15 см.

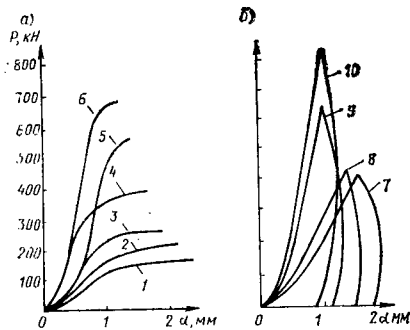


Рис. 1. Экспериментальные зависимости « $P-a$ » а — статическое нагружение (С); б — ударное нагружение (Д); 1 — Б — 5 С; 2 — БА — 13 С; 3 — Б — 14 С; 4 — БА — 9 С; 5 — Б — 15 С; 6 — БА — 10 С; 7 — Б — 14 Д; 8 — БА — 9 Д; 9 — Б — 15 Д; 10 — БА — 10 Д

ства отраженного света при движении датчика, преобразованного камерой в электрический сигнал, регистрировали через усилитель осциллографом. Некоторые результаты испытаний представлены на рис. 1.

Анализ статических диаграмм « $P-a$ » свидетельствует о том, что диаграммы деформирования бетона контактной зоны под плоским индентором имеют ярко выраженный упругопластический характер. Начальный вогнутый к оси ординат участок объясняется обмятием верхнего слоя бетона. Диаграммы для неармированного и армированного бетона подобны, однако характер их разрушения различен. Образцы из неармированного бетона разрушались хрупко после образования пластических зон под краями штампа и последующего раскалывания образца в продольном направлении. Разрушение образцов, имеющих только нижнюю продольную арматуру, было более пластичным и выражалось в смятии бетона и выдавливании его с боковых граней в зоне под штампом. Характер разрушения образцов, содержащих верхнюю продольную и поперечную арматуру, аналогичен предыдущему, однако смятию и выдавливанию бетона под штампом подвергается лишь поверхностный слой за пределами арматурной решетки. Бетон внутри этой решетки не теряет сплошности и после снижения контактной силы P .

Наличие верхней продольной и поперечной арматуры способствует распределению контактного усилия на большую зону по длине элемента и повышению как нагрузки P_1 , соответствующей пределу упругой работы бетона, так и максимальной нагрузки P_2 (до 26%) по сравнению с образцами, имеющими только продольную арматуру. Увеличение отношения высоты сечения образца h к ширине штампа $2a$ не изменяет характер диаграмм, хотя де-

формативность контактной зоны повышается.

Опытами с цилиндрическим индентором установлено, что зависимость « $P-a$ » близка к закону Герца лишь на начальном участке, при $P > 0,3 P_{max}$ отмечаются заметные отклонения от него, а при $P > 0,5 P_{max}$ происходит разупрочнение бетона.

Характер ударного разрушения образцов идентичен статическому, однако диаграммы при ударе принципиально отличаются, сохраняя линейную связь между P и a вплоть до начала разрушения (за исключением начального вогнутого участка). При этом отмечается существенное превышение динамической прочности над статической, что объясняется влиянием высокой скорости деформирования. Вместе с тем угол наклона кривых в начале координат (не принимая во внимание начальный вогнутый участок), определяющий жесткость контактной зоны K_1 , при статическом и ударном нагружениях образцов-близнецов примерно равен. Ветвь разгрузки при $P = P_1$ близка к вертикальной (хрупкое разрушение), при меньших P сохраняется значительная доля упругой энергии, обеспечивающая подскок ударника.

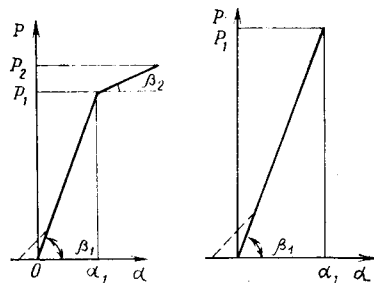


Рис. 2. Предлагаемые расчетные диаграммы « $P-a$ » а — статические нагружения; б — ударные нагружения; $K_1 = \text{tg} \beta_1$; $K_2 = \text{tg} \beta_2$

Проведенные исследования позволили рекомендовать расчетную динамическую диаграмму « $P-a$ » для плоского индентора в виде, показанном на рис. 2. Введенные упрощения компенсируются простотой и надежностью диаграммы, что особенно важно при использовании ее в сложных динамических расчетах конструкций. В результате экспериментально-теоретического анализа были установлены основные параметры диаграммы P_1 и K_1 .

Используя аналогию статических и динамических значений K_1 , на основе работы [4],

$$K_1 = \frac{\lambda b \Delta}{\ln 2 \lambda - d_0 - \frac{d_1}{\lambda^2} - \frac{d_1^2}{4 \lambda^4} - \frac{9 d_2}{4 \lambda^4}}, \quad (1)$$

$$\Delta = \frac{2 k^2 E_b''}{(3k-1)(k+1)}; \quad k = \frac{1}{1-2\nu'};$$

$$\nu' = \frac{\nu}{1+\nu}; \quad \lambda = \frac{h}{a}; \quad d_0 = 0,527;$$

$d_1 = 0,716$; $d_2 = 0,245$; $\nu = 0,2$; E_b'' — условный модуль деформаций бетона армированных образцов при местном сжатии: $E_b'' = C_R E_b$; $C_R = 1,75$; $C = K_1^{оп} / K_1^{теор} \approx 0,15$; коэффициент 1,75, учитывающий долю продольной и поперечной арматуры в сопротивлении контактной зоны, получен при $\mu' = 0,5 \dots 0,8\%$ и $\mu_w = 0,25 \dots 0,41\%$.

Для теоретической оценки P_1, dyn изучили возможность использования формулы СНИПа и теории пластичности железобетона. Влияние скорости деформирования учитывали введением коэффициентов динамического упрочнения $k_{v, b}$. В результате установлено, что наиболее просто и надежно P_1, dyn можно определить по формуле, аналогичной выражению СНИП 2.03.01—84,

$$P_1, dyn = k_R R_{loc, d} A_{loc}, \quad (2)$$

где k_R — коэффициент, учитывающий долю верхней и поперечной арматуры в сопротивлении местному смятию; A_{loc} — площадь смятия: $A_{loc} = 2ab$; $R_{loc, d} = k_{v, b} R_{loc}$; $R_{loc} = R_b \gamma_{loc}$; $\gamma_{loc} = \sqrt[3]{A/A_{loc}}$; A — расчетная площадь смятия. Для балок с обычным верхним продольным и поперечным армированием $k_R = 1,15$.

Выводы

На основании проведенных исследований получены экспериментальные зависимости, связывающие контактную силу с внедрением индентора при статическом нагружении и ударах с малыми скоростями во всем диапазоне прочностных свойств материала стержневых конструкций. Предложена расчетная диаграмма для ударного нагружения и даны предложения по определению ее основных параметров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Забегаев А. В. К определению аварийных ударных нагрузок на строительные конструкции // Строительная механика и расчет сооружений. — 1988. — № 1. — С. 3—6.
2. Watson A. J., Ang T. H. Impact response and post impact residual strength of reinforced concrete structures / Int. Conference Impact and structural crashworthiness, London. — 1984. — V. 2. — P. 628—641.
3. Hughes G., Speirs D. M. An investigation of the beam impact problem // Tech. rep. 546 / Cement and Concrete Association. — Slough. — 1982. — 117 p.
4. Воронич И. И., Александров В. М., Бабешко В. А. Неклассические смешанные задачи теории упругости. — М.: Наука, 1974. — 455 с.

Н. Я. САПОЖНИКОВ, канд. техн. наук
(ЦНИИПромзданий)

Надежность конструкций по прочности наклонных сечений

Разрушение изгибаемых элементов по наклонным сечениям очень опасно и крайне нежелательно. Надежность наклонных сечений по прочности должна быть значительно выше, чем по нормальным сечениям.

В ЦНИИПромзданий исследовали надежность расчета наклонных сечений на прочность по СНиП 2.03.01. Под этим понятием подразумевается вероятность того, что при разрушении по наклонному сечению опытное значение разрушающей силы $Q_{разр}^{оп}$ окажется больше расчетной несущей способности конструкции по наклонным сечениям $Q_{разр}^{расч}$, определенной по СНиПу, т. е. вероятность $P(Q_{разр}^{оп} > Q_{разр}^{расч})$. Используя терминологию ГОСТ 8829—85 ($C = Q_{разр}^{оп} / Q_{разр}^{расч}$), можно оценить надежность расчета как вероятность $P(C > 1)$.

Для оценки надежности наклонных сечений по прочности использовали результаты испытаний лабораторных образцов, проведенные в СССР, США, Великобритании и других странах с разрушением по наклонным сечениям. Лишь в небольшой части опытов (402 из 1686) имелись сведения о прочности бетона на растяжение. В основном оценку прочности бетона на растяжение производили по прочности на сжатие, определяемой из испытаний кубов и цилиндров. Средние значения отношения прочности на сжатие и растяжение на основании ранее проведенных исследований [1] принимались из приложений к нормам 1962 г., куда они попали из известных американских опытов 1928—1929 гг.

Из полученных таким образом оценок фактической прочности бетона на растяжение находили расчетное сопротивление при $\gamma_{б1} = 1,5$ с учетом кратковременного приложения нагрузок ($\gamma_{б2} = 1,1$).

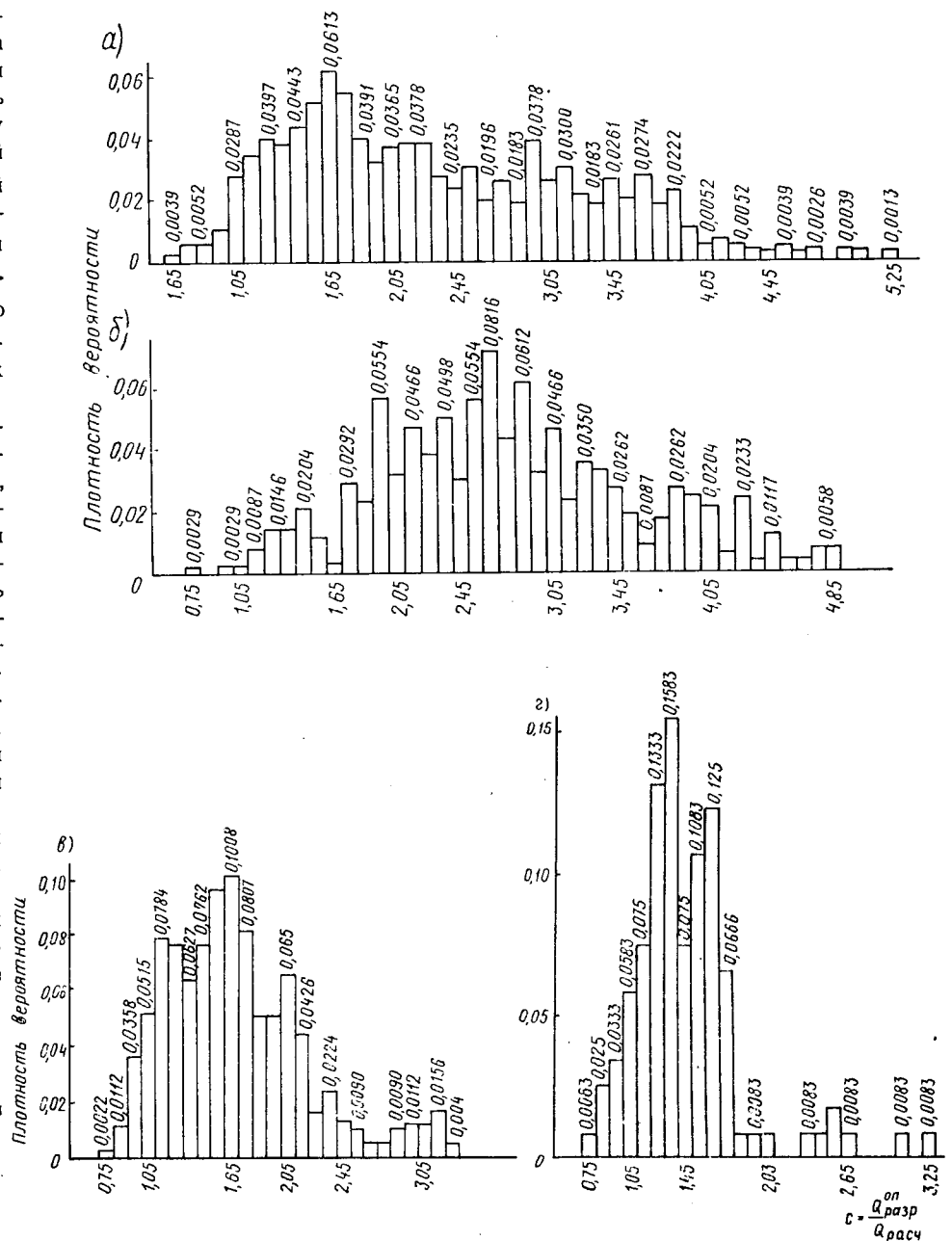
Рис. 1. Гистограммы распределения плотности вероятности $C = Q_{разр}^{оп} / Q_{разр}^{расч}$

а, в — выборки ненапряженных элементов без поперечной (а) и с поперечной (в) арматурой; б, г — те же, преднапряженных элементов без поперечной (б) и с поперечной (г) арматурой

Характеристика выборки	Объем выборки	Среднее	Стандарт	Коэффициент вариации	t	P _{теор}	P _{эмп}
<i>Образцы без поперечной арматуры</i>							
Ненапряженные разцы	об-779	2,369 ¹	0,916 ²	0,386 ³	1,49 ⁴	0,9332 ⁴	0,9752 ⁴
		1,334	0,541	0,406	0,610	0,7324	0,6624
Преднапряженные образцы	342	2,730	0,819	0,300	2,110	0,9826	0,9941
		1,706	0,481	0,281	1,467	0,9280	0,9298
<i>Образцы с поперечной арматурой</i>							
Ненапряженные разцы	об-445	1,677	0,486	0,290	1,39	0,9177	0,9506
		0,951	0,276	0,291	-1,78	0,0375	0,3204
Преднапряженные образцы	120	1,525	0,487	0,319	1,07	0,8577	0,9333
		0,954	0,314	0,329	-0,14	0,4400	0,3120

Примечание. Над чертой — надежность расчета; под чертой — надежность расчетных формул.

$$1. \frac{C}{\left(\frac{Q_{разр}^{оп}}{Q_{разр}^{теор}}\right)}; \quad 2. \frac{\sigma(C)}{\sigma\left(\frac{Q_{разр}^{оп}}{Q_{разр}^{теор}}\right)}; \quad 3. \frac{C_v(C)}{C_v\left(\frac{Q_{разр}^{оп}}{Q_{разр}^{теор}}\right)}; \quad 4. \frac{P(C > 1)}{P\left(\frac{Q_{разр}^{оп}}{Q_{разр}^{теор}} > 1\right)}$$



Относительная высота сжатой зоны	Выборка	Объем выборки	$M_{разр}^{оп}/M_{разр}^{теор}$	$\sigma (M_{разр}^{оп}/M_{разр}^{теор})$	$C_v (M_{разр}^{оп}/M_{разр}^{теор})$
$\xi \leq \xi_R$	По СНиПу при $\eta = \sigma_B / \sigma_{02}$	405	1,005	0,126	0,126
		405	1,035	0,118	0,114
		176*	1,102	0,156	0,142
$\xi > \xi_R$	—	279**	1,148	0,210	0,183

* Арматура с физическим пределом текучести.

** Арматура с физическим и без физического предела текучести. В остальных случаях — без физического предела текучести.

Статистические характеристики C каждого образца для различных выборок с поперечной арматурой и без нее, преднапряженных и обычных, а также оценки надежности расчета для этих выборок конструкций приведены в табл. 1, а на рис. 1 показаны гистограммы распределения плотности вероятности C . Для каждой выборки произведена эмпирическая оценка $P(C > 1)$, а также теоретическая, основанная на предположении о нормальном распределении C , и нормированное отклонение среднего значения C от единицы.

Надежность выборок образцов без поперечной арматуры выше (см. табл. 1), чем с поперечной арматурой, что объясняется повышенной надежностью нормативных и расчетных сопротивлений бетона растяжению [1]. Для выборок без поперечной арматуры характерны более высокие значения C и больший коэффициент вариации C .

В результате анализа установлено, что в целом надежность по нормальным сечениям [2] существенно выше, чем по наклонным: ни в одной выборке элементов, разрушившихся по нормальным сечениям, не реализовалась вероятность ($C < 1$). При разрушении по наклонным сечениям эта вероятность оказалась реализованной во всех случаях. Между тем надежность расчетных сопротивлений бетона очень велика, а надежность расчетных сопротивлений поперечной арматуры существенно выше, чем продольной.

Для оценки причин пониженной надежности расчета прочности по наклонным сечениям проанализировали точность и надежность формул. При этом исследовали отношение $Q_{разр}^{оп}/Q_{разр}^{теор}$, где $Q_{разр}^{теор}$ определяли по СНиП 2.03.01—84 с использованием фактических оценок прочности бетона растяжению и предела текучести поперечной арматуры (временного сопротивления для проволоки В-1, Вр-1). Результаты статической обработки приведены в табл. 1, а гистограммы распределения плотности вероятности $Q_{разр}^{оп}/Q_{разр}^{теор}$ — на рис. 2. Для сравнения в табл. 2 даны сведения о точности и надежности формул расчета прочности нормальных сечений по результатам испытаний лабораторных образцов изгибаемых элементов, а на рис. 3 — гистограммы распределения плотности вероятности $M_{разр}^{оп}/M_{разр}^{теор}$.

Из табл. 1, 2 следует, что коэффициент вариации $Q_{разр}^{оп}/Q_{разр}^{теор}$ в 1,5...3 раза выше коэффициента вариации $M_{разр}^{оп}/M_{разр}^{теор}$, причем не только для случаев разрушения по нормальным сечениям вследствие текучести арматуры, но и при разрушении по бетону сжатой зоны. По-види-

мому, работа наклонных сечений гораздо сложнее работы нормальных сечений, а относительно простые расчетные формулы не учитывают некоторых существенных факторов. Такие упрощения расчета увеличивают дисперсию расчетных оценок.

В связи с пониженной по сравнению с нормальными сечениями надежностью по наклонным сечениям можно было бы ожидать более частых разрушений по этим сечениям. В табл. 3 приведены вероятности реализации различных видов разрушения конструкций. Подавляющее

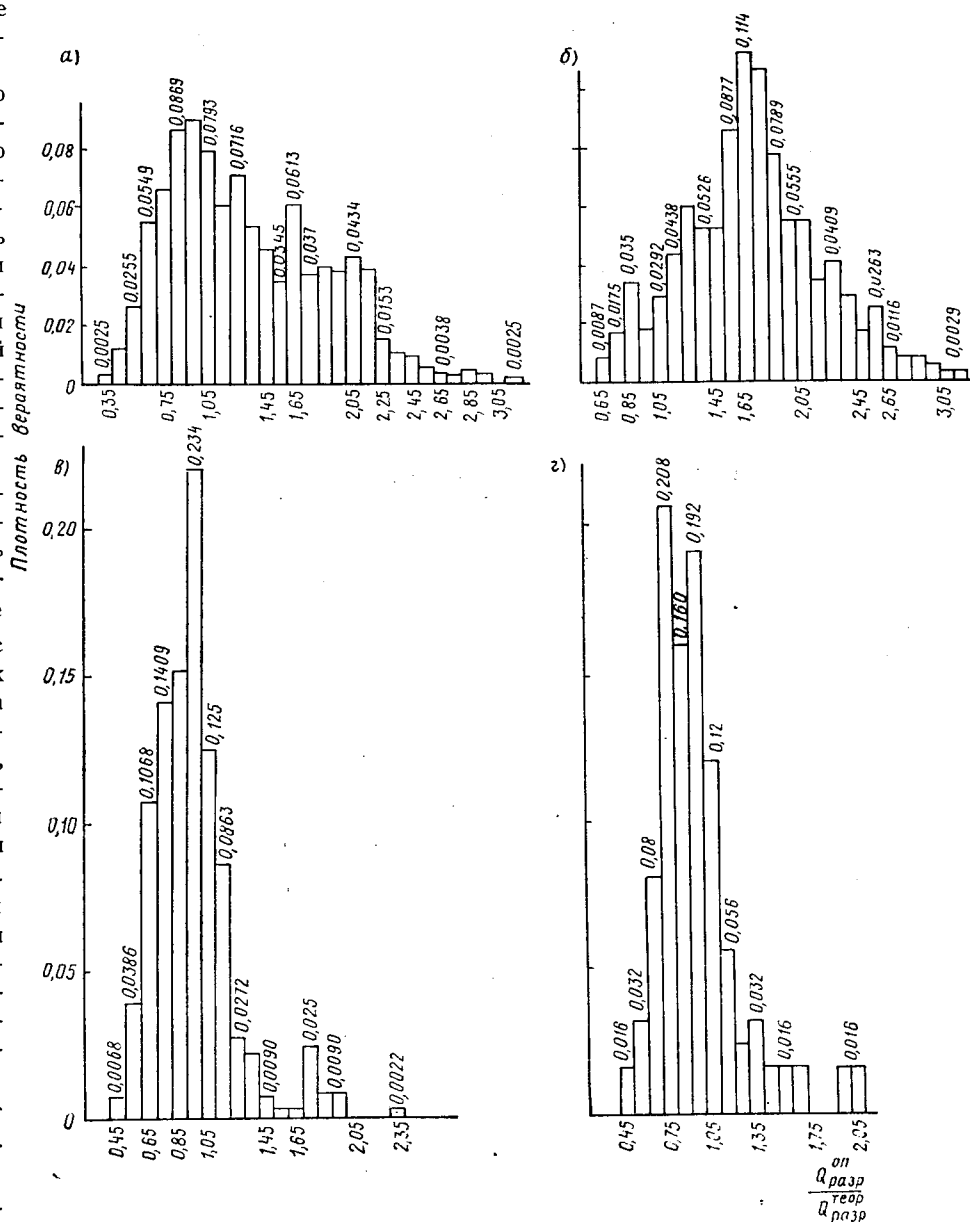


Рис. 2. Гистограммы распределения плотности вероятности $Q_{разр}^{оп} / Q_{разр}^{теор}$
а...г — см. по рис. 1

Конструкции	Схема испытания	Объем выборки	Вероятность реализации разрушения		
			вследствие текучести рабочей арматуры	по бетону сжатой зоны	по наклонному сечению
<i>Ненапряженные конструкции</i>					
Многopустотный настил, $l \leq 4$ м	A	95	0,979	—	0,021
Плиты дорожные, трамвайных путей, перекрытий каналов	B	158	0,892	—	0,108
Плиты перекрытий подвалов	A	155	0,677	0,019	0,304
Плиты плоские	A	83	1,000	—	—
То же, при испытании на Q	C	119	0,613	—	0,387
Плиты ребристые перекрытий	A	58	0,810	—	0,190
То же, покрытий и перекрытий	B	80	0,563	—	0,437
Балки стропильные	A	130	0,869	—	0,131
То же, фундаментные	B	63	0,476	—	0,524
Ригели	C	436	0,750	0,140	0,110
Перекрычки	B	695	0,740	0,195	0,065
<i>Преднапряженные конструкции</i>					
Многopустотный настил	A	941	0,949	0,020	0,022
То же, при испытании на Q	C	30	0,133	—	0,867
Плоские плиты	A	150	0,973	—	0,027
То же, при испытании на Q	C	26	0,154	—	0,846
Плиты ребристые	A	398	0,852	0,048	0,101
То же, плиты покрытий, $l = 6$ м	A	92	0,943	—	0,057
То же, $l = 12$ м	A	53	0,943	—	0,057
То же, плиты перекрытий	A	70	0,757	—	0,243
Балки стропильные	A	136	0,235	0,588	0,176

Примечание. А — равномерно распределенная нагрузка; В — две сосредоточенные силы в четвертях пролета; С — равномерно распределенная нагрузка и две сосредоточенные силы у опор.

большинство конструкций разрушается по нормальным сечениям при напряжениях в арматуре, превышающих предел текучести. Вероятность реализации разрушения по наклонным сечениям значима для балок, ригелей, ребристых плит перекрытий, для которых отношение пролета к высоте $l/h < 15$. Из конструкций без поперечной арматуры вероятность реализации такого разрушения оказалась значимой только для плит подвалов толщиной 22 см пролетом 4,3 и 4,7 м под расчетную нагрузку 41 кН/м².

Существенную роль в реализации разрушения по наклонному сечению играет характер нагрузки. Для стропильных балок с арматурой класса А-III, испытанных сосредоточенными силами, имитирующими распределенную нагрузку, вероятность разрушения по наклонным сечениям составила 0,132, а для фундаментных балок, нагруженных двумя сосредоточенными силами у опор, — 0,524.

Реальный уровень надежности натуральных конструкций оказался выше, чем у лабораторных образцов — в натуральных конструкциях практически нереализуема вероятность ($C < 1$). Это вызвано тем, что принятая в проекте площадь сечения поперечной арматуры, как правило, превышает требуемую по расчету, а прочность бетона обычно выше проектной (особенно для бетона классов В15... В22,5). В результате надежность конструкций по наклонным сечениям оказывается величиной того же порядка, что и для нормальных сечений.

Надежность по наклонным сечениям с учетом их специфики следует, по-видимому, определять как $1 - P(C < 1)XP(Q)$, причем $P(Q)$ — вероятность реализации разрушения по наклонному сечению: в первом приближении ее можно принять по табл. 3.

Следует учитывать, что при значимых $P(Q)$, $A_s^{np} = A_s^{tr}$ и заниженной прочности бетона низкая надежность расчета по наклонным сечениям может повысить вероятность отказа по наклонным сечениям, т. е. вероятность $P(C < 1)$.

Выводы

Надежность расчета по наклонным сечениям существенно ниже, чем по нормальным сечениям.

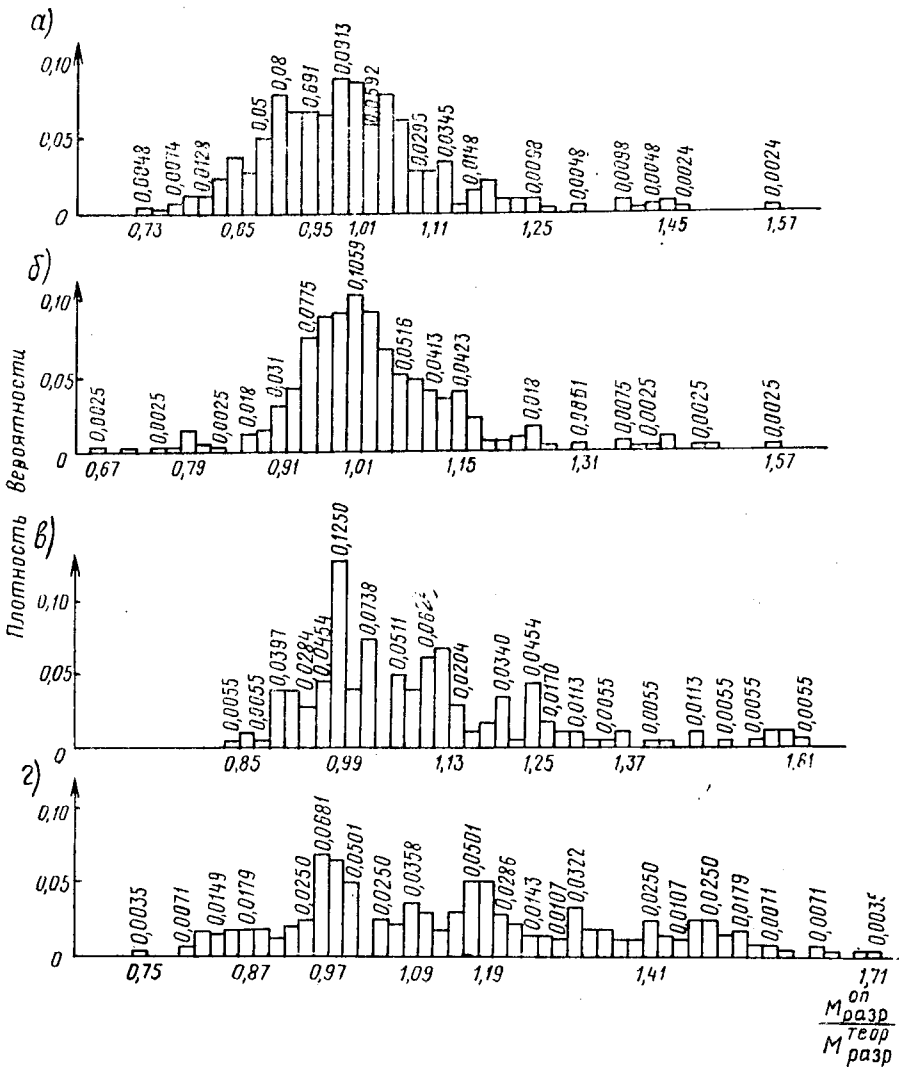


Рис. 3. Гистограммы распределения плотности вероятности $M_{разр}^{оп} / M_{разр}^{теор}$
 а — образцы с арматурой без физического предела текучести ($\xi \leq \xi_R$) при расчете по СНиПу; б — то же, при $\eta = \sigma_b / \sigma_{02}$; в — $\xi \leq \xi_R$, образцы с арматурой с физическим пределом текучести; г — образцы с $\xi > \xi_R$

Вероятность разрушения по наклонным сечениям велика для балок, ригелей, ребристых плит перекрытий.

Дополнительная надежность по наклонным сечениям связана с излишками поперечной арматуры при проектировании, а также с повышенной прочностью бетона. Поэтому существующий уровень надежности прочности по наклонным сечениям для реальных типовых конструкций соответствует уровню надежности по нормальным сечениям.

Учитывая низкую надежность расчета наклонных сечений и случайность факторов, повышающих надежность реальных конструкций, целесообразно изучение надежности конструкций со значимой вероятностью реализации разрушения по наклонным сечениям ($l/h < 15$). При этом необходимо предусмотреть возможность приложения сосредоточенных сил вблизи опоры.

С целью повышения надежности расчета прочности по наклонным сечениям

следует разработать расчетный аппарат с большим числом факторов (например, процент продольного армирования).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бердичевский Г. И., Сапожников Н. Я. Вопросы надежности изгибаемых железобетонных конструкций и трещиностойкости / Теория железобетона. — М.: Стройиздат, 1972. — 27 с.
2. Сапожников Н. Я. Об оценке уровня надежности изгибаемых сборных конструкций по нормальным сечениям // Бетон и железобетон. — 1986. — № 7. — С. 40—42.

УДК 624.07:539.4

А. С. ЗАЛЕСОВ, д-р техн. наук, проф. (НИИЖБ); Б. П. ХОЗЯИНОВ, инж. (Кузбасский политехнический ин-т)

Прочность элементов при кручении и изгибе со знакопеременной эпюрой изгибающих моментов

Значительное количество железобетонных элементов подвержено совместному действию крутящего момента T , поперечной силы Q и изгибающего момента M со знакопеременной эпюрой изгибающих моментов, например, крайние ригели в каркасах многоэтажных зданий. Однако СНиП 2.03.01—84 не учитывает факторы, влияющие на работу таких конструкций, что приводит к перерасходу стали и бетона.

Для уточнения методики СНиПа испытывали две серии балок длиной 310 см, сечением $b \times h = 15 \times 22$ см.

Балки серии I были запроектированы таким образом, чтобы обеспечить разрушение от нормального сечения к пространственному при постепенном увеличении T в каждой последующей балке с изменением $T/M = 0,2 \dots 1$ и $Qb/2T = 0,603 \dots 0,121$.

Балки изготовляли из бетона прочностью $R_{bt} = 15,35$ МПа, $R_{bt} = 1,35$ МПа, симметричное продольное армирование выполняли из стержней $4 \varnothing 12$ А-II ($\sigma_{sv} = 321,43$ МПа), а замкнутые хомуты — из арматуры $\varnothing 6$ А-I ($\sigma_{swv} = 252,55$ МПа) с шагом 10 см.

В балках серии II разрушение планировалось достигнуть от наклонного сечения до пространственного с изменением $Qb/2T = 0,834 \dots 0,167$ и $T/M = 0,2 \dots 1$. В серии II увеличили продольное армирование ($4 \varnothing 14$ А-III, $\sigma_{sv} = 427,55$ МПа) и снизили прочность бетона ($R_b = 10,25$ МПа, $R_{bt} = 0,85$ МПа).

Для экспериментов использовали стенд,

позволяющий загружать балки по схеме, приведенной на рис. 1.

В результате испытания балок серии I установлено, что развитие разрушения от нормального сечения к пространственному происходит постепенно в соответствии с увеличением крутящего момента

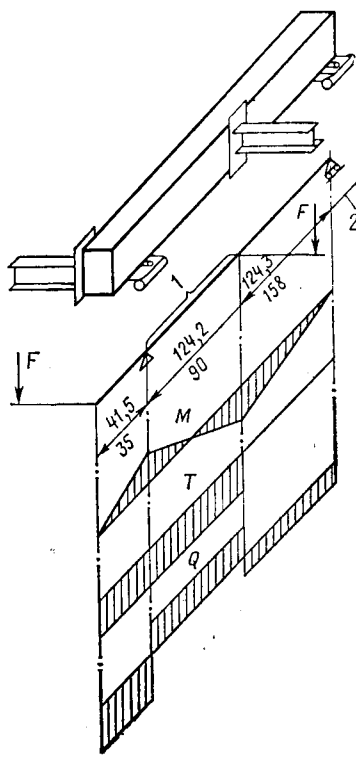


Рис. 1. Схема загрузки опытных образцов 1 — исследуемый участок; 2 — для балок серии I и II

в каждой последующей балке (рис. 2). Причем один конец трещины всегда оставался в зоне максимального изгибающего момента, а другой перемещался к сечению, где $M = 0$.

В нормах для всех схем разрушения расчет по прочности предусмотрен с пересмотром всех возможных значений проекций трещин разрушения на продольную ось балки s , что делает вычисления трудоемкими и неточными.

Выявленные закономерности развития трещин при первой схеме разрушения хорошо описываются формулой

$$c_1 = \frac{(2h + b) T}{M}, \quad (1)$$

где $T/M \leq 1$.

Испытанием балок серии II установлено, что, как и предполагалось, разрушение образцов произошло от наклонного сечения (при $M/T = 5$) до пространственного (при $M/T \leq 5$). Схема развития наиболее опасного сечения показана на рис. 2.

Проекция трещин разрушения, расположенных в пределах опасного сечения c_2 , во всех случаях изменялись незначительно и приближенно соответствовали максимально возможной величине $c_2 = 2b + h$. Поэтому c_2 без большой погрешности можно определять по этой зависимости.

Величины s , полученные по предлагаемым формулам, близки к опытным значениям, а их соотношения составили $0,98 \dots 1,3$ при первой схеме разрушения

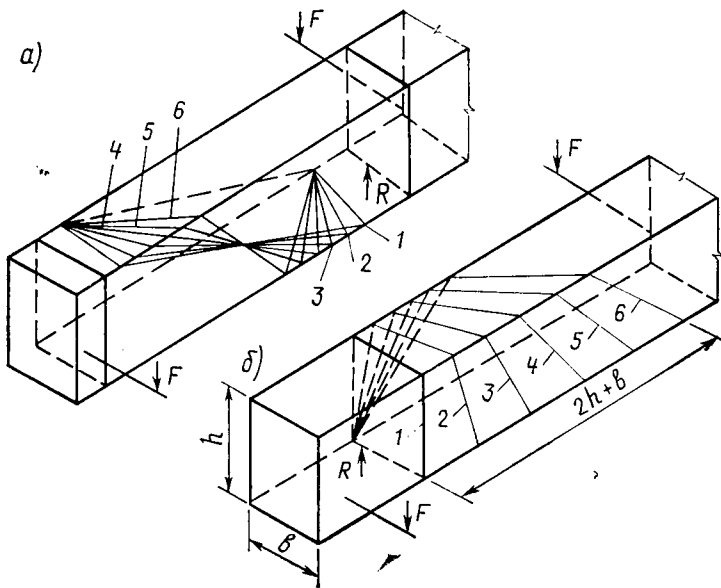


Рис. 2. Схема развития пространственных сечений
 а — от наклонного до пространственного сечения; б — от нормального до пространственного сечения
 $2T/Qb = 0(1); 1,2(2); 2,4(3); 3,6(4); 4,8(5); 6(6)$
 $T/M = 0, (1); 0,2(2); 0,4(3); 0,6(4); 0,8(5); 1(6)$

образцов и 0,85...1,06 при второй. Следовательно, приведенные выражения соответствуют общей тенденции развития трещин разрушения.

Анализ экспериментальных данных выявил особенности развития трещин при различных схемах разрушения. По первой схеме разрушение сопровождалось постепенным увеличением проекций трещин, расположенных только на растянутой грани образца c_{b1} от 0 до b при изменении T/M от 0 до 1. Учитывая закономерности развития трещин, проекцию части трещины разрушения, расположенной на растянутой грани балки, можно подсчитать по формуле

$$c_{b1} = \frac{bT}{M} \quad (2)$$

При разрушении железобетонных элементов по второй схеме проекция на продольную ось образца части трещины c_{b2} , расположенной на боковой грани, оказывается больше или равной высоте сечения. Это объясняется сложным напряженно-деформированным состоянием бетона и арматуры, зависящим от соотношения внешних силовых факторов $Qb/2T$ и относительного расстояния между опорой и грузом a/h_0 . В результате анализа развития трещин на боковой растянутой грани получено выражение для определения величины проекции этой части трещины на продольную ось балки

$$c_{t2} = h\varphi_q, \quad (3)$$

$$\text{где } \varphi_q = 1 + \frac{Qb}{2T}.$$

Разрушение образца начинается на растянутой боковой грани, где касательные напряжения, возникающие от действия T и Q , имеют одно направление.

Согласно Руководству [1] c не может быть больше длины участка балки l_0 ,

ограниченного сечениями, характеризующимися M_{max} и $M=0$. Для проверки этого положения был осуществлен эксперимент, в котором расстояние l_0 приняли меньшим, чем c_{max} . Опыты показали, что смена знака эпюры изгибающих моментов не повлияла на проекцию трещины разрушения на продольную ось балок, так как в отдельных балках наиболее опасное сечение пересекало зону с $M=0$ и во всех балках серии II, где $l_0 < c_{max}$, проекция трещины разрушения превышала расстояние l_0 .

В ходе исследований уделялось внимание работе хомутов. СНиП учитывает хомуты только по одной растянутой грани. Авторы попытались включить в расчет хомуты, расположенные по всем растянутым граням.

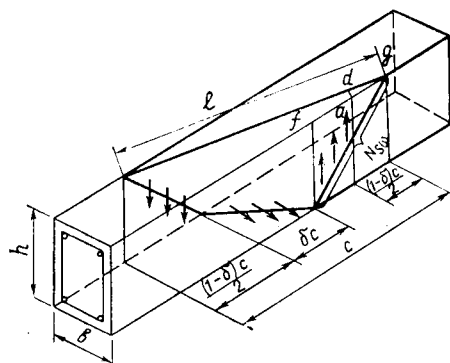


Рис. 3. Общий вид работы хомутов железобетонного элемента

Используя рис. 3, вывели формулу для момента внутренних усилий, воспринимаемого хомутами, находящимися по обеим боковым граням

$$M_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s} \left[\frac{(1-\delta_1) c_1}{2} \right]^2 \frac{b}{l} \quad (4)$$

Значение этого момента подставили в исходное расчетное условие (107) [2], соответствующее разрушению образца по первой схеме

$$T \frac{c_1}{l} + M \frac{b}{l} \leq R_s A_s \frac{b}{l} \times \times (h_0 - 0,5x) + \frac{R_{sw} A_{sw}}{s} c_{t1} \frac{c_1}{l} \times \times (h_0 - 0,5x) + \frac{R_{sw} A_{sw}}{s} \times \times \left[\frac{(1-\delta_1) c_1}{2} \right]^2 \frac{b}{l}, \quad (5)$$

где l — расстояние между концами трещины разрушения по сжатой грани образца.

Используя расчетное условие (108) [2], получили выражение, соответствующее разрушению образцов по второй схеме.

Приводя к формуле СНиПа,

$$T \leq R_s A_s (h_0 - 0,5x) \times \times \frac{1 + \varphi_w \delta \lambda^2 + \varphi_w \rho \lambda}{\varphi_q \lambda + \kappa}, \quad (6)$$

где $\rho = \left(\frac{1-\delta}{2} \right)^2 \frac{c}{h_0 - 0,5x}$; $\delta = \frac{c_t}{c}$.

Известно, что дополнительное воздействие крутящего момента снижает предельные напряжения в арматуре. В СНиПе эта особенность учтена умножением $R_s A_s$ на понижающий коэффициент $\varphi_w / \varphi_{w \min}$ ($\varphi_{w \min} = \frac{0,5}{1 + \frac{M}{2\varphi_w M_u}}$).

Это занижает предельные напряжения которые оказываются значительно меньше опытных величин. Рассмотрев характер разрушения балок, подверженных такому силовому воздействию, предложено устанавливать напряжения в арматуре с учетом деформирования опасного сечения элемента. Исходя из этого условия предельные деформации в каком-то условном стержне, который характеризует работу продольной и поперечной арматуры, можно выразить через предельные деформации сжатого бетона $\epsilon'_s = 0,003 \frac{h_0 - x}{x}$ (0,003 соответствует предельным деформациям сжатого бетона; x — высота сжатой зоны сечения). Используя зависимость между напряжениями и деформациями, определили и напряжения в условном стержне (σ'_s).

С учетом перехода от абсолютных деформаций к относительным и проецирования вектора напряжений в условном стержне на продольную ось балки получили предельное напряжение в продольной арматуре σ_s , а при проецировании на перпендикулярную ось — предельное

напряжение в поперечной арматуре σ_{sw}

$$\left. \begin{aligned} \sigma_s &= \sigma'_s \sin^2 \alpha \leq R_s; \\ \sigma_{sw} &= \sigma'_s \cos^2 \alpha \leq R_{sw}, \end{aligned} \right\} (7)$$

где α — угол между трещиной разрушения, расположенной на растянутой грани элемента, и его продольной осью.

Отношение напряжений, вычисленных по СНиПу и полученных в эксперименте (при $T/M=0,2\dots 1$), составило в сериях I и II 1,03...0,5 и 0,33...0,38. Отношения величин напряжений, вычисленных по формуле (7) к опытным в сериях I и II равно 1,03...0,95 и 0,71...0,96. Как видно, напряжения, подсчитанные по формуле (7), более близки к опытным данным.

Таким образом, в выражении (6) заменили R_s и R_{sw} на σ_s и σ_{sw} из формул (7).

Сопоставляя результаты вычислений T по зависимостям СНиПа с опытными данными, получили для балок серий I и II их соотношения 0,91...0,45 и 0,904...0,42. При сравнении результатов расчетов, выполненных по предлагаемой методике, с опытными данными для балок серий I и II установили их соотношения 0,918...0,844 и 0,958...0,943.

Следовательно, предлагаемая методика позволяет получить результаты, более близкие к опытными данным по сравнению с вычисленными по СНиПу, и существенно повышает расчетную несущую способность.

Вывод

Усовершенствованная методика более точно учитывает работу железобетонных элементов при кручении и изгибе со знакопеременной эпюрой изгибающих моментов, что сокращает расход стали и бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения). — М.: Стройиздат, 1977. — 328 с.
2. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций / Под ред. А. А. Гвоздева. — М.: Стройиздат, 1978. — 204 с.

Долговечность

УДК 691.327:620.193.8

Ю. И. ОРЛОВСКИЙ, канд. техн. наук, Б. П. ИВАШКЕВИЧ, Е. В. ЮРЬЕВА, инженеры (Львовское отделение УкрстромНИИпроекта)

Биокоррозия серных бетонов

В последние годы в практике строительства получают распространение материалы и изделия, содержащие серу, — бетоносерополимеры и полимерсерные бетоны [1, 2]. Установлено, что при определенных экологических условиях они могут являться объектом биокоррозии со стороны тионовых бактерий, относящихся к роду *Thiobacillus*, играющих основную роль в окислении большинства неорганических соединений серы и создающих связанные с их жизнедеятельностью коррозионно-активные среды [3...5].

Влияние тионовых бактерий на длительную прочность бетоносерополимеров показано в работе [3]. Ниже приведены результаты экспериментов с полимерсерными мелкозернистыми бетонами, проведенных в динамике на протяжении двух лет. Их объектом являлся серный бетон, изготовленный с применением в качестве связующего элементарной серы, технической комовой, без добавок и с добавками, подавляющими жизнедеятельность тионовых бактерий и стабилизирующих полимерную модификацию серы. В качестве добавок, ингибирующих рост тионовых бактерий, применяли 1,5% тимола, 1,5% нафталина, алкилдиметилбензиламмоний хлорид (АДАХ) и алкилтриметилбензиламмоний хлорид (АТАХ) от 0,1 до 0,4%. Стабилизатором полимерной серы являлся дициклопентадиен (ДЦПД) каменноугольный — $C_{10}H_{12}$ Баглейского коксохимического завода (ТУ 14-6-137-66), получаемый при переработке фракции сырого бензола.

Образцы размером $3 \times 3 \times 3$ и $4 \times 4 \times 16$ см изготавливали в лабораторных условиях при следующем содержании компонентов (% массы): сера — 25, наполнитель (кварцевая мука с удельной поверхностью $4700 \text{ см}^2/\text{г}$) — 40, кварцевый песок с $M_{кр} 1,8$ —40 при использовании 5% стабилизатора. Начальная прочность бетона на сжатие составляла: без стабилизатора 68, со стабилизатором 52 МПа. Введение 1,5% тимола и наф-

талины — ингибиторов роста бактерий — практически не сказалось на прочности бетона.

Характеристики культур и питательных сред приведены в работе [3]. Их посева производили на кафедре микробиологии Львовского государственного университета. Бактерии культивировали при комнатной температуре, образцы выдерживали на протяжении двух лет при температуре среды $+20^\circ\text{C}$. На универсальном ионметре ЭВ-74 определяли рН среды. Биомассу фиксировали с помощью фотоэлектрокалориметра ФЭК-М.

Опыты проводили по следующему схеме, в которых образцы помещали: в питательные среды отдельно с культурами *Th. thiooxidans*, *ferrooxidans*, *thioparus* и в смесь культур *thioparus* и *thiooxidans*; в питательные среды для *Th. thiooxidans* и *thioparus* без внесения культур; в водопроводную воду; в дистиллированную; в воздушно-сухие условия при $+20^\circ\text{C}$; с добавкой тимола, нафталина, АДАХ и АТАХ образцы помещали в питательные среды с внесением и без внесения культур; то же, в смеси культур *Th. thioparus* и *thiooxidans*.

Развитие тионовых бактерий сопровождалось изменением рН, что способствовало созданию кислой агрессивной среды. Начальная величина рН сред после внесения культур особенно интенсивно снижалась в первые 6 сут (табл. 1). На протяжении 30 сут образцы без добавок, помещенные в среды с культурами *Th. thiooxidans* и *ferrooxidans*, полностью разрушились, а с *Th. thioparus* снизили прочность на 80%.

Образцы, содержащие полимерную серу, модифицированную ДЦПД, проявили более высокую стойкость и разрушились соответственно через 2 и 4 мес. Это подтвердило предположение о том, что полимерная сера является более биологически стойкой по сравнению с кристаллической модификацией. Образцы с добавками тимола, нафталина, АДАХ и АТАХ после двух лет экспозиции пока-

Таблица 1

Среда	Время, сут							
	1	3	5	7	10	12	15	30
Th. thiooxidans	5,0	2,7	1,8	1,5	1,3	1,2	1,0	1,0
Th. thioparus	9,2	6,4	4,2	3,7	3,4	3,0	2,8	1,9
Th. ferrooxidans	4,5	4,0	3,1	2,4	1,6	1,3	1,1	1,0
Контрольная (без культур)								
Th. thiooxidans	5,0	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9	4,9
Th. thioparus	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,1	9,1
Th. ferrooxidans	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,4	4,4

зали высокую биостойкость, их внешний вид изменился незначительно. Не обнаружено деструктивных изменений у образцов в питательных средах, не содержащих культур. При выдерживании в водопроводной и дистиллированной воде прочность образцов на сжатие снизилась незначительно (до 5%), при этом деформации набухания не превышали $180 \cdot 10^{-5}$, при воздушно-сухом хранении прочность на сжатие не изменилась.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что серный бетон без специальных добавок быстро подвергается биологической коррозии в присутствии тионовых бактерий и при соответствующих температурно-влажностных условиях; он требует специальных защит-

Таблица 2

Концентрация, %	Биомасса, единицы оптической плотности		
	Th. thiooxidans	Th. ferrooxidans	Th. thioparus
Контрольная	4,8/5,1	5,1/5,6	4,9/5,4
0,5	4,5/5,0	4,9/5,4	4,6/5,1
1,0	2,9/3,4	3,6/3,7	2,5/3,4
1,5	1,7/2,1	2,3/2,8	1,7/2,6
2,0	1,4/1,8	1,5/1,8	1,1/1,7
2,5	0,9/1,0	0,9/1,3	0,7/1,1
3,0	0,4/0,6	0,6/0,8	Роста нет/0,6
3,5	Роста нет/0,2	0,2/0,4	То же/0,3
4,0	То же/роста нет	Роста нет/0,2	> /роста нет
4,5	> /то же	То же/роста нет	> /то же

Примечание. Перед чертой — в NaCl; после черты — в MgSO₄.

Таблица 3

Концентрация, %	Раствор АДАХ, единицы оптической плотности			Раствор АТАХ, единицы оптической плотности		
	1	2	3	1	2	3
Контрольная	4,9	5,2	4,8	5,1	5,0	4,8
0,1	3,1	2,4	2,4	1,6	2,8	2,1
0,2	1,1	0,7	1,1	0,3	0,9	1,0
0,25	—	—	—	Роста нет	0,2	—
0,3	0,2	Роста нет	0,6	—	Роста нет	—
0,35	Роста нет	—	—	—	—	—
0,4	—	—	Роста нет	—	—	—

Примечание. Растворы: 1 — Th. thioparus; 2 — Th. thiooxidans; 3 — Th. ferrooxidans

ных мероприятий при эксплуатации, особенно в средах с повышенной кислотностью.

Вторым этапом явилось изучение жизнедеятельности тионовых бактерий в изделиях из серных бетонов в различных средах. Известно, что такой бетон характеризуется высокой коррозионной стойкостью, особенно в солевых средах. Поэтому интересно было изучить жизнедеятельность тионовых бактерий в растворах солей NaCl и MgSO₄ различной концентрации.

Результаты показали, что с увеличением концентрации NaCl и MgSO₄ рост тионовых бактерий уменьшался и при концентрации солей выше 3% практически прекращался (табл. 2). Подавление

их жизнедеятельности объясняется образованием гипотанического раствора солей, при действии которого оболочка бактерий разрушается, они погибают.

Изучение жизнедеятельности тионовых бактерий в растворах АДАХ и АТАХ показало их большое влияние на рост и развитие бактерий (табл. 3). Содержание в питательных средах незначительных концентраций АДАХ и АТАХ (0,2...0,3%) полностью подавляло их рост. Растворы АДАХ и АТАХ нерастворимы в воде, термически совместимы с расплавом серы, поэтому их введение в качестве биоцидных, ингибирующих рост тионовых бактерий добавок в полимерсерные бетоны, позволяет получать биостойкие и долговечные изделия.

Выводы

Серные бетоны являются источником энергии для тионовых бактерий рода *Thiobacillus*, создающих агрессивную среду для коррозионного процесса. Поэтому для получения биостойких и долговечных изделий из полимерсерных бетонов и исключения возможности биокоррозии в состав смеси необходимо вводить биоцидные, ингибирующие рост тионовых бактерий, добавки.

Эффективными биоцидами являются тимол и нафталин (1,5% массы), а также АДАХ и АТАХ, введенные в количестве 0,2...0,3%.

Полимерная модификация серы является более стойким связующим по сравнению с серой кристаллической.

Среды с высоким содержанием солей, например засоленные грунты, здания и сооружения калийных производств, склады минеральных калийных удобрений, не создают условия для жизнедеятельности тионовых бактерий, а следовательно, биологическая коррозия серосодержащих изделий и конструкций в таких условиях полностью исключается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волгушев А. Н., Патуроев В. В., Орловский Ю. И. Серные бетоны и бетоны, пропитанные серой. Обзор.— М.: ВНИИИС, 1985. — 60 с. — (Обзор. информ. / ВНИИИС; Сер. 7, вып. 1).
2. Патуроев В. В., Волгушев А. Н., Орловский Ю. И. Свойства и перспективы применения серного бетона/Бетон и железобетон.— 1985. — № 5. — С. 16—17.
2. Биокоррозия бетонов, пропитанных серой / Ю. И. Орловский, М. Ф. Коструба, Р. В. Кучера, Е. С. Шах // Бетон и железобетон. — 1986. — № 2. — С. 42—44.
4. Физиологические исследования и коррозионная активность тионовых бактерий / Е. И. Андреев, И. А. Козлова, А. М. Рожанская и др. // I Всесоюз. конф. по биоовреждениям: Тез. докл.— М.: Наука, 1978. — С. 7—8.
5. Ильичев В. Д. Биоповреждения — эколого-технологическая проблема и низшие растения — разрушители материалов и изделий. — М.: Наука, 1979. — С. 7—10.

Новые изобретения

№ 30*

А. с. 1416636 СССР, МКИ³ Е 04 С 2/46, Е 04 Н 9/00. Железобетонная стеновая панель/В. З. Донцов, Д. В. Жуйко, В. Н. Курдюмов и др. (СССР); ЦНИИПИ мукомольной промышленности и комбинат производственных предприятий Главмосблстроя.

А. с. 1416639 СССР, МКИ³ Е 04 G 9/10. Щит опалубки/К. М. Дорожок, Г. Ф. Бугаев, В. А. Гладкобородов, Н. И. Евдокимов (СССР); Минск-проектмебель.

* См.: Открытия. Изобретения. — 1988.

Рефераты статей, опубликованных в номере

УДК 666.972.16:313*
Баграков В. Г., Фаллиман Б. Р., Виноградова Ю. М. Перспективы производства и применения добавок-модификаторов для бетона и железобетона // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 2—3.

Рассмотрены основные направления применения добавок-модификаторов в производстве сборного и монолитного бетона и железобетона. Анализирована эффективность применения результатов твердения и структуры бетона, реологических свойств бетонных смесей, а также комплексных модификаторов полифункционального действия на их основе. Отмечены факторы, сдерживающие широкое внедрение модификаторов в практику строительства. — Библиогр.: 7 назв.

УДК 693.542.4
Опыт применения полифункционального пластификатора ЛТМ / Б. Д. Тринкер, Г. Д. Уздин, А. Б. Тринкер, Ю. Б. Чирков / Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 4—5.

Приведены результаты исследований влияния полифункционального пластификатора ЛТМ на свойства бетона и опыт его внедрения на заводах ЖБИ. Показана эффективность применения добавки ЛТМ в сборном железобетоне для экономии цемента и повышения прочности бетона классов В15...В45. — Ил. 1, табл. 1. — Библиогр.: 5 назв.

УДК 666.972.16.003.13
Силина Е. С. Оценка эффективности добавок в бетоне // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 5—7.

Анализируются методы оценки эффективности применения индивидуальных и комплексных добавок. Приводится очередность оценки основного и дополнительных эффектов, как положительных так и отрицательных, при испытании в лабораторных и производственных условиях. Отмечается необходимость проведения технико-экономического расчета с учетом данных эффективности добавки.

УДК 666.972.16
Внедрение суперпластификатора С-3 при изготовлении колонн и ригелей для метрополитена / О. В. Кунцевич, В. В. Федоров, О. Е. Макаревич и др. // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 7—8.

Приведены результаты испытаний прочности бетона, изготовленного на основе высокопластичной (О. К. 10...16 см) бетонной смеси с добавкой суперпластификатора С-3. При этом показана возможность получения высокопрочного бетона. — Табл. 1.

УДК 691.327:620.193.8
Биоцидные растворы и бетоны / Ф. М. Иванов, Е. Л. Рогинская, В. А. Серебряник, В. В. Гончаров // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 8—10.

Рассматривается способ предупреждения повреждений бетона от биокоррозии введением в его состав биоцидных добавок. Приведены данные о защите конструкций в хлебопекарной и мясомолочной промышленности. Исследована эффективность добавок катапина-бактерицида, биоцидного латекса АБП и новых органических веществ. — Табл. 1. — Библиогр.: 6 назв.

УДК 666.972.16:725.3
Применение комплексной добавки для бетонов в транспортном строительстве / В. С. Гладков, В. Э. Виноградова, В. В. Фридрих и др. // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 10—11.

Разработана и испытана комплексная пластифицирующая и воздухововлекающая химическая добавка для бетонов, используемых в транспортном строительстве. Ее применение обеспечивает получение бетонных изделий с морозостойкостью F 200 и F 300, повышает удобоукладываемость бетонной смеси, снижает водоудерживание и позволяет экономить 10...15% цемента по сравнению с бетоном без добавок. Комплексная добавка внедрена в промышленное производство. — Табл. 2.

УДК 693.542.4:691.54.003.13
Младова М. В., Бибик М. С. Экономия цемента при использовании суперпластификатора С-3 (опыт заводов сборного железобетона Белоруссии) // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 11—13.

Изложены результаты промышленного использования суперпластификатора С-3 вместо пластификатора УПБ с целью снижения расхода цемента при одновременном увеличении подвижности бетонных смесей. Такая замена позволила получить запланированную экономию цемента в 6% при одновременном существенном снижении трудозатрат при изготовлении изделий. Описаны также пути рационального использования добавки С-3 для получения максимального технического и экономического эффекта.

УДК 666.972.16
Юсупов Р. К., Карпис В. З. Добавки лигносульфонатов с пониженным воздухововлекающим действием // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 13—15.

Исследована взаимосвязь эффективности и воздухововлекающего действия пластифицирующих добавок лигносульфонатов. Предложены и обоснованы составы лигносульфонатных добавок с пониженным воздухововлекающим действием, характеризующихся свойствами высокоэффективных пластификаторов. — Ил. 3, табл. 2. — Библиогр.: 3 назв.

УДК 666.972.16:66.097.4
Эффект предварительного активирования добавок в производстве железобетона / В. А. Усов, А. А. Домокеев, Е. А. Усов, А. А. Кальгин / Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 15—17.

Исследовано влияние технологических факторов механохимической обработки в РПА: зазора между ротором и статором и времени активирования — на водные растворы пластификаторов ЛСТМ-2, ФПК, а также свойства бетонной смеси и бетона на плотных заполнителях. — Табл. 1.

УДК 666.972.16.003.13
Левин Л. И., Тарасова В. Н., Тарнарукский Г. М. Опыт применения пластификатора ЛСТМ-2 при производстве сборного железобетона // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 17—18.

Показано влияние модифицирования ЛСТ на стабилизацию качества добавки и скорость гидратации цемента. Изложены данные о свойствах бетонной смеси и бетона при введении ЛСТМ-2, а также об экономии цемента в бетонах разных классов. Указаны особенности технологии применения добавки ЛСТМ-2 в промышленности сборного железобетона. — Ил. 1, табл. 3. — Библиогр.: 6 назв.

УДК 691.327:693.542.4:691-4
Митник Г. С. Формы для высокопластичных бетонов // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 19—20.

Определены требования к конструкции форм при применении суперпластификаторов. Рассмотрены типы форм, наиболее приемлемых для этой технологии. Приведены конструктивные и технологические решения, обеспечивающие необходимую герметизацию форм. — Ил. 2. — Библиогр.: 4 назв.

УДК 691.327:666.972.53:693.542.4
Морозостойкие бетоны из литых смесей с полифункциональными модификаторами / Н. К. Розенталь, Е. В. Левицкий, В. В. Рабкин, Ю. П. Седов // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 21—22.

Приведены результаты испытаний бетона, изготовленного из литых бетонных смесей с полифункциональными модификаторами ПФМ, содержащими пластифицирующий и воздухововлекающий компоненты. Показано, что применение ПФМ позволяет получать литые бетоны марок по морозостойкости F300...F400 при испытании по третьему методу ГОСТ 10060—87. Морозостойкость бетона при нормальном содержании вовлеченного воздуха зависит от водоцементного отношения, крупности песка и вида цемента, содержания алюминия в цементе, количества щелочей, вида и дозировки минеральных добавок. — Табл. 5.

УДК 624.012.45:693.542.4
Булгакова М. Г., Харченко В. Г. О выборе характеристик бетонов с суперпластификаторами при расчете конструкций // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 23—24.

Приведены результаты статистической обработки отечественных и зарубежных данных по модулю упругости, деформациям усадки и ползучести бетонов с различными суперпластификаторами. Показано, что при применении бетонов с суперпластификаторами из равноподвижных смесей и смесей высокой подвижности выбор характеристик бетона для расчета может производиться по СНиП 2.03.01—84. — Табл. 1. — Библиогр.: 3 назв.

УДК 539.3.624.073
Лучко И. И., Капелюжный В. В. Исследование балок с концентраторами напряжений в сжатой зоне при высоких нагрузках // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 31—33.

Приведены результаты экспериментальных исследований длительной деформативности и несущей способности изгибаемых элементов обычных, преднапряженных, а также с упругими элементами в сжатом бетоне при высоких уровнях нагружения (0,8...0,9) M_u . Выявлены закономерности изменения напряженно-деформативного состояния этих элементов на различных стадиях нагружения. Показано влияние дефектов типа трещин (упругих элементов) на трещиностойкость, деформативность и прочность нормальных сечений. — Ил. 3, табл. 1. — Библиогр.: 4 назв.

УДК 691.54:62-218.2.002
Звездин О. А., Мирошниченко К. К., Пунагин В. Н. Составы, компенсирующие усадку, на основе напрягающего цемента // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 33—34.

Проведены исследования свойств бетонов на основе напрягающего цемента с добавкой отрезков щелочестойкого стекловолокна с целью создания составов безусадочных подливок высокой прочности, маслостойкости, деформативности под импортное технологическое оборудование вместо дорогостоящих импортных составов. Получены составы для подливки, обладающие высокой прочностью, маслостойкостью, безусадочностью, деформативностью. — Ил. 1.

УДК 624.074:691.327:666.973
Монадиришвили И. Ш., Ходжашвили М. М. Легкие бетоны на термоупрочненном заполнителе в несущих конструкциях // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 34—35.

Разработан способ термоупрочнения пористых заполнителей из слабых вулканических пород (шлаки, пемзы, туфы). На термоупрочненном заполнителе получены легкие конструкционные бетоны классов В15...В40, которые использованы в несущих конструкциях колонн и ригелей. При замене тяжелого бетона легким в несущих конструкциях каркаса зданий за счет снижения расхода арматурной стали стоимость 1 м³ железобетона снижается на 2,05 р. — Табл. 1. — Библиогр.: 1 назв.

УДК 624.046.5
Сапожников Н. Я. Надежность конструкций по прочности наклонных сечений // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 40—43.

На основании обработки результатов испытаний 1700 лабораторных образцов, разрушившихся по наклонным сечениям, проанализированы надежность расчета и точность расчетных формул для этого вида разрушения железобетонных конструкций. Сопоставлены точность и надежность формул для расчета прочности наклонных и нормальных сечений изгибаемых элементов. Показана область значимой вероятности реализации разрушения по наклонным сечениям. — Ил. 3, табл. 3. — Библиогр.: 2 назв.

УДК 624.07:539.4
Залесов А. С., Хозяинов Б. П. Прочность элементов при кручении и изгибе со знакопеременной эпюрой изгибающих моментов // Бетон и железобетон. — 1989. — № 4. — С. 43—45.

Дана усовершенствованная нормативная методика по определению прочности элементов при кручении и изгибе со знакопеременной эпюрой изгибающих моментов. В предлагаемой методике дополнительно учитываются формообразование наиболее опасного сечения в зависимости от действующих внешних силовых факторов, работа комутот по трем растянутым граням, определение напряжений в арматуре с учетом деформирования пространственного сечения. — Ил. 3. — Библиогр.: 2 назв.

CONTENTS

Batrakov V. G., Falikman V. R., Vinogradov Yu. M. Perspectives of production and application of admixtures-modifiers for concrete and reinforced concrete

Trinker B. D., Uzdin G. D., Trinker A. B., Tchirkov Yu. B. Experience of application of poly-functional plastificator LTM

Silina E. S. Estimation of efficiency of admixtures in concrete

Kuntsevich O. V., Fedorov V. B., Makarevitch O. E., Goryshin V. V., Telenkov N. N., Tikhonov D. I. Application of superplastificator S-3 during production of columns and sub-beams for the underground

Ivanov Ph. M., Roginskaja E. L., Sebernik V. A., Gontcharov V. V. Biotsides mortars and concretes

Gladkov V. S., Vinogradova V. A., Fridman V. V., Kolokolnikov E. I., Preobrazhensky V. A. Application of complex admixture for concretes in transport construction

Mladova M. V., Bibik M. S. Economy of cement during utilization of superplastificator S-3

Yusupov R. K., Karpis V. Z. Admixtures of lignosulfonates with action reduced of drawing in of the air

Usov B. A., Domokeyev A. A., Usov E. A., Kalgin A. A. Effect of preliminary activation of admixtures in reinforced concrete production

Levin L. I., Tarassova V. N., Tarnarutsky G. M. Experience of application of plastificator LSTM-2 during precast reinforced concrete production

Mitnik G. S. Moulds for high-plastic concretes

Rozental N. K., Levitsky E. V., Rabkin V. V., Sedov Yu. P. Frostresistant concretes from cast mixes with poly-functional modifiers

Bulgakova M. G., Khartchenko V. G. Choice of characteristics of concretes with superplastificators during calculation of structures

Matkov N. G. Concretes with superplastificator S-3 for precast elements and for joints of buildings frames

Bazhenov V. M., Kramar V. G. Rational structure of upper nets of multi-voided panels

Lutchko I. I., Kapeluzhny V. V. Investigation of beams with concentrators of stresses in compressed zone under high loadings

Zvezdin O. A., Miroshnitchenko K. K., Punagin V. N. Compositions, compensating slump, on the basis of stressing cement

CONTENU

Batrakov V. G., Falikman V. R., Vinogradov Yu. M. Les perspectives de la production et d'application des adjuvants-modificateurs pour le beton et le beton arme

Trinker B. D., Ouzdine G. D., Trinker A. B., Tchirkov Yu. B. L'experience de l'application du plastifiant poly-fonctionnel LTM

Silina E. S. L'evaluation de l'efficacite des adjuvants dans le beton

Kuntsevitch O. V., Pheudorov V. B., Makarevitch O. E., Gorychine V. V., Telenkov N. N., Tikhonov D. I. L'application de superplastifiant S-3 dans la production des colonnes et des sous-poutres pour le metropolitain

Ivanov Ph. M., Roghinskaja E. L., Seberrenik V. A., Gontcharov V. V. Les mortiers biotsides et les betons

Gladkov V. S., Vinogradova V. A., Fridman V. V., Kolokolnikov E. I., Preobrazhensky V. A. L'application de l'adjuvant complexe pour les betons dans la construction des transports

Mladova M. V., Bibik M. S. L'economie de ciment par l'utilisation de superplastifiant S-3

Yussouпов R. K., Karpis V. Z. Les adjuvants de lignosulfonates avec une action d'entraînement d'air reduite

Oussov B. A., Domokeyev A. A., Oussov E. A., Kalghine A. A. L'effet de l'activation préalable des adjuvants dans la production du beton arme

Levine L. I., Tarassova V. N., Tarnarutsky G. M. L'experience d'application du plastifiant LSTM-2 dans la production du beton arme prefabrique

Mitnik G. S. Les moules pour les betons a haute plasticite

Rozental N. K., Levitsky E. V., Rabkin V. V., Sedov Yu. P. Les betons resistants au gel qui se produisent de melanges fluides avec les modificateurs poly-fonctionnels

Boulgakova M. G., Khartchenko V. G. Sur le choix des caracteristiques des betons avec les superplastifiants pendant le calcul des structures

Matkov N. G. Les betons avec le superplastifiant S-3 pour les elements prefabriques et pour les joints des carcasses des batiments

Bazhenov V. M., Kramar V. G. La structure rationnelle de treillis superieurs des panneaux a alveoles multiples

Lutchko I. I., Kapeluzhny V. V. Les etudes des poutres avec des concentrateurs des contraintes dans la zone comprimée sous les charges élevés

INHALTSVERZEICHNIS

Batrakov W. G., Falikman W. R., Winogradow Ju. M. Perspektiven der Produktion und Anwendung von Modifikationszusätzen für Beton und Stahlbeton

Trinker B. D., Uzdin G. D., Trinker A. B., Tschirkow Ju. B. Anwendungserfahrung des polyfunktionellen LTM-Plastifikators

Silina Je. S. Wirksamkeitsbewertung von Betonzusatzmitteln

Kunzewitsch O. W., Fjodorow W. B., Makarewitsch O. Je., Goryschin W. W., Telenkow N. N., Tichonow D. I. Einführung des S-3-Superplastifikators bei Produktion von Stützen und Riegeln für Untergrundbahn

Iwanow F. M., Roginskaja Je. L., Seberrenik W. A., Gontscharow W. W. Biozidmörtel und Betone

Gladkow W. S., Winogradowa W. A., Fridman W. W., Kolokoljnikow Je. I., Preobrazhenskiy W. A. Verwendung des Komplexzusatzes für Betone im Verkehrsbaugesamt

Mladowa M. W., Bibick M. S. Zementersparung bei Ausnutzung des S-3-Superplastifikators

Jussupow R. K., Karpis W. S. Zusatzmittel von Lignosulfonaten mit verringerter luftporenbildender Wirkung

Ussow B. A., Domokeyew A. A., Ussow Je. A., Kalgin A. A. Effekt des vorherigen Aktivierens von Zusatzmitteln in Produktion des Stahlbetons

Lewin L. I., Tarassowa W. N., Tarnarutskij G. M. Anwendungserfahrung des LSTM-2-Plastifikators bei Produktion von Stahlbetonfertigteilen

Mitnick G. S. Formen für hochplastische Betone

Rosentalj N. K., Lewizkij Je. W., Rabkin W. W., Sedow Ju. P. Frostbeständige Betone aus Gussgemischen mit polyfunktionellen Modifikatoren

Bulgakowa M. G., Chartchenko W. G. Auswahl von Betoncharakteristiken mit Superplastifikatoren bei Berechnung der Konstruktionen

Matkow N. G. Betone mit S-3-Superplastifikator für Fertigteile und Skelettverbindungsknoten von Gebäuden

Bashenow W. M., Kramarj W. G. Rationale Konstruktion für Obernetze von hohlraumreichen Platten

Lutschko I. I., Kopeljushnyj W. W. Untersuchung von Trägern mit Spannungskonzentratoren in Druckzone unter hohen Belastungen

Swesdin O. A., Miroshnitschenko K. K., Punagin W. N. Die auf Grundlage des Quellzements das Schwinden kompensierenden Zusammensetzungen

Редакционная коллегия: И. Н. Ахвердов, Ю. М. Баженов, В. Н. Байков, А. И. Буракас, Ю. В. Волконский, А. М. Горшков, Ю. П. Гуца (главный редактор), П. А. Демянюк, В. Т. Ильин, Н. М. Колоколов, М. Г. Костюковский, В. В. Михайлов, К. В. Михайлов, В. М. Москвин, Ю. М. Мухин, Д. А. Паньковский, В. С. Подлесных, Б. Я. Рискинд, С. И. Сищенко, В. В. Судаков, А. А. Шлык (зам. главного редактора)

Технический редактор *Е. Л. Сангурова*

Корректор *Н. А. Шатерникова*

Сдано в набор 13.02.89.
Печать высокая.
Тираж 13676 экз.

Подписано в печать 13.03.89.
Бумага книжно-журнальная.
Зак. 43

Т-07694
Усл. печ. л. 6,0 Усл. кр.-отт. 6,75.

Формат 60×90/8.
Уч.-изд. л. 8,67
Цена 60 коп.

Адрес редакции:
Москва, Георгиевский пер., 1, строение 5, 3-й этаж
Почтовый адрес редакции (экспедиция): 101442, Москва, ГСП, Каляевская, 23 а
Тел. 292-41-34, 292-62-05

Подольский филиал производственного объединения «Периодика» Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25

В связи с переходом НИИЖБ Госстроя СССР на полный хозяйственный расчет и самофинансирование изменяется порядок рассылки издаваемых институтом Рекомендаций по применению в практике новых разработок института. Получение Рекомендаций НИИЖБ возможно при компенсации части денежных средств, затраченных на проведение научно-исследовательских работ, результатом которых явилась разработка данных Рекомендаций. Ориентировочная сумма компенсационных затрат за один экземпляр Рекомендаций 100—500 р. Гарантийное письмо на приобретение Рекомендаций следует направлять по адресу:

109389, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, НИИЖБ, ОНТИ.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ НИИЖБ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫЕ В 1989 г.

Шифр	Наименование	Цена, р.
1.1.	Рекомендации по учету совместного действия переменной влажности и нагрузки на деформации конструкций	480
1.2.	Рекомендации по оценке сопротивления стержневых железобетонных элементов действию поперечного и продольного изгиба во времени	180
2.1.	Рекомендации по проектированию колонн и их стыков с высокопрочной арматурой для каркасов многоэтажных зданий	240
3.1	Рекомендации по расчету железобетонных конструкций с учетом доэксплуатационной стадии воздействий	180
3.3.	Рекомендации по проектированию косвенного армирования концевых участков преднапряженных конструкций со стержневой арматурой	180
5.1.	Рекомендации по устройству теплых полов животноводческих зданий на основе вторичного полиэтилена	120
5.2.	Рекомендации по расчету железобетонных дымовых труб с газоотводящими стволами с учетом их пространственной работы и деформативности фундаментных конструкций	500
5.3.	Рекомендации по изготовлению легких бетонов на композициях керамзита и вспученного полистирола	140
6.1.	Рекомендации по проектированию бетонных и железобетонных конструкций для жаркого климата	500
6.2.	Рекомендации по оценке пределов огнестойкости и остаточной несущей способности железобетонных конструкций в условиях реального пожара	150
7.1.	Рекомендации по управлению составами бетона по результатам оперативного контроля входных и выходных параметров	120

По получении гарантийных писем НИИЖБ выставляет счета на оплату документов. Возможна также предварительная оплата без направления гарантийных писем путем перечисления денег на расчетный счет НИИЖБ № 585804 в Волгоградском отделении Промстройбанка МФО № 20101 г. Москвы. Рекомендации будут высылаются по мере выхода в свет.

НИИЖБ заключает также договора на оказание научно-технической и консультативной помощи при внедрении своих разработок.

Порядок рассылки нормативно-инструктивных документов (ГОСТ, СНиП и Пособия к ним) остается без изменения, т. е. через книготорговую сеть.

Шифр	Наименование	Цена, р.
7.3.	Рекомендации по технологии изготовления фундаментных и дорожных плит из грунтобетона	120
7.4.	Рекомендации по изготовлению железобетонных плитных конструкций на роторно-конвейерных линиях	160
7.5.	Рекомендации по изготовлению панелей внутренних стен на высокомеханизированных линиях вертикального формования	180
8.1.	Рекомендации по технологии изготовления бетонов на сверхбыстротвердеющих цементах	180
8.2.	Рекомендации по применению минеральных добавок для экономии цемента в бетоне	300
8.3.	Рекомендации по назначению состава бетона и изготовлению железобетонных конструкций безрулонной кровли для жилищного строительства	100
8.4.	Рекомендации по назначению отпускной прочности сборных железобетонных изделий с учетом кинетики твердения в различных условиях	180
9.1.	Рекомендации по применению бетона с добавками электролитов и суперпластификатора при устройстве буронабивных свай в вечномёрзлых грунтах	180
9.2.	Рекомендации по применению безгипсовых портландцементов с комплексными добавками для бетонирования монолитных и изготовления сборных конструкций	300
9.3.	Рекомендации по гелиотермообработке бетонных и железобетонных изделий с применением пленкообразующих составов	130
9.4.	Рекомендации по комбинированной гелиотермообработке бетонных и железобетонных изделий в формах с покрытием СВИАП на гелиополигонах круглогодичного действия	170

Шифр	Наименование	Цена, р.	Шифр	Наименование	Цена, р.
9.5.	Рекомендации по тепловлажностной обработке железобетонных изделий в ямных гидроаэроциркуляционных камерах	170	14.3.	Рекомендации по ремонту и реконструкции жилых и общественных зданий с применением напрягающего цемента	180
10.1.	Рекомендации по применению монтажных петель из отходов арматурных канатов К-7 диаметром 9, 12 и 15 мм для сборных железобетонных конструкций	100	16.2	Рекомендации по определению расчетной стоимости, трудоемкости и энергоемкости стыковых и узловых соединений сборных и сборно-монолитных железобетонных конструкций на стадии проектирования	500
10.4.	Рекомендации по эксплуатации приборов контроля натяжения арматуры серии ПИН	140	16.4.	Рекомендации по определению экономической эффективности обследования и усиления железобетонных конструкций на действующих предприятиях	190
11.1.	Рекомендации по методам испытания ячеистобетонной смеси	240	16.5.	Рекомендации по определению экономической эффективности антикоррозионной защиты строительных конструкций и сооружений	150
11.2.	Рекомендации по применению и проектированию конструкций и изделий из ячеистого бетона с напрягаемой арматурой	180	16.6.	Рекомендации по определению величины трудноустраняемых потерь цемента при производстве бетона и железобетона	120
11.4.	Рекомендации по статистическим методам контроля прочности и плотности ячеистого бетона	100	16.7.	Рекомендации по определению экономической эффективности обеспечения и повышения огнестойкости железобетонных конструкций	130
11.5.	Рекомендации по проектированию и изготовлению конструкций из ячеистого бетона, армированных волнообразными сетками	110	18.1.	Рекомендации по приготовлению бетонов с добавками, модифицированными механо-химической обработкой	100
13.2.	Рекомендации по назначению проектных марок бетона по морозостойкости	180			
14.1.	Рекомендации по проектированию и возведению самонапряженных емкостей	120			

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ НИИЖБ, ВЫШЕДШИЕ В СВЕТ В 1988 г.

Шифр	Наименование	Цена, р.	Шифр	Наименование	Цена, р.
2.2.	Рекомендации по обследованию возводимых и эксплуатируемых железобетонных конструкций и оценке их качества с применением неразрушающих методов	300	13.1.	Рекомендации по определению агрессивности грунтов по отношению к бетону фундаментов в районах вечной мерзлоты	100
3.2.	Рекомендации по способам натяжения преднапряженной арматуры с использованием приборов ПИН-5 и замоноличиванию стыков каркасных и крупнопанельных зданий	180	13.3.	Рекомендации по определению коррозионной стойкости цемента и бетона в агрессивных сульфатных средах	120
3.4.	Рекомендации по проектированию железобетонных составных свай	180	13.4.	Рекомендации по методам определения коррозионной стойкости бетона	120
7.2.	Рекомендации по переработке и использованию отходов предприятий сборного железобетона	120	14.2.	Рекомендации по применению бетонов на напрягающем цементе в монолитном и сборно-монолитном строительстве	120
10.2.	Рекомендации по применению арматурной стали винтового профиля	100	16.1.	Рекомендации по технико-экономической оценке способов изготовления железобетонных конструкций и изделий	500
10.3.	Рекомендации по применению в железобетонных конструкциях эффективных видов стержневой арматуры	360	16.3.	Рекомендации по усредненным нормам расхода цемента на 1 м ³ бетона и строительного раствора в конструкциях и изделиях	240
11.3.	Рекомендации по ремонту яче-	420			