

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

9•1981

Конференция по химическим добавкам

22—24 апреля т. г. в Вильнюсе состоялась всесоюзная конференция по повышению качества и эффективности изготовления бетонных и железобетонных конструкций за счет химических добавок, организованная Центральным и Литовским республиканским управлением НТО строительной индустрии, Центральным управлением Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева и Госстроем СССР.

В конференции приняли участие специалисты, работающие в области технологии бетона в крупнейших научно-исследовательских и учебных институтах страны, предприятий союзных республик. На конференции присутствовало около 150 человек, было заслушано более 50 докладов и выступлений. Такое широкое обсуждение вопроса свидетельствует о его актуальности и своевременности.

Рассматривалось совершенствование технологии бетона путем введения его в состав различных химических добавок, наиболее перспективными из которых являются суперпластификаторы. К настоящему времени разработаны добавки-суперпластификаторы С-3 и МФАС-Р-100П(НИИЖБ), 10-03, 30-03 и 40-03 (ВНПО Союзжелезобетон). Наиболее широко в строительстве и производстве бетонных и железобетонных конструкций применяется суперпластификатор С-3, с использованием которого уложено более 500 тыс. м³ бетона.

Введение суперпластификаторов позволяет благодаря снижению водопотребности смесей получать бетоны повышенной плотности и коррозионной стойкости. Учитывая высокую эффективность, но в то же время дефицитность и повышенную стоимость суперпластификаторов, рекомендуется применять их в первую очередь в бетонах высокой прочности марок М500 и выше для получения высокоподвижных смесей при бетонировании тонкоподвижных смесей, при бетонировании тонкостенных густоармированных конструкций. Введение этих добавок должно быть направлено главным образом на снижение энергоемкости и трудоемкости производства, повышение производительности предприятий и качества конструкций, улучшение условий труда. Их ис-

пользование только для экономии цемента должно допускаться лишь после технико-экономического обоснования. Участники конференции отметили, что более эффективны комплексные добавки, позволяющие исключить побочные отрицательные воздействия на качество смеси и бетона и одновременно улучшить некоторые его свойства.

Министерству химической промышленности СССР рекомендуется организовать производство суперпластификаторов на нафталинформальдегидной основе, постоянно выпускать не менее 100 тыс. т. в год добавки ННХК, Министерству лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности расширить исследования способов модификации лигносульфонатов (ССБ, СДБ), для повышения их активности, наладить производство таких пластификаторов и увеличить выпуск воздухововлекающих добавок (СНВ, ОСДК и др.) до полного удовлетворения потребности строительства. В рекомендациях конференции отмечено, что Министерству строительного и дорожного машиностроения целесообразно организовать проектирование и серийное изготовление оборудования для дозирования, приема и хранения жидких добавок применительно к типовым бетоносмесительным установкам различной мощности, во всех проектах предприятий сборного железобетона и на крупных бетоносмесительных установках товарного бетона предусматривать отделения химических добавок, организовать проектирование и изготовление оборудования для технологических линий по изготовлению конструкций различного вида из смесей повышенной подвижности.

Министерству промышленности строительных материалов СССР рекомендуется рассмотреть вопрос об организации заводского производства комплексных химических добавок в различных районах страны с учетом их климатических особенностей, с поставкой добавок в жидком или сухом расфасованном виде согласно заказам строительных министерств и ведомств.

В настоящем номере журнала публикуется подборка статей по тематике конференции.

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ИЗДАЕТСЯ с апреля 1955 г.

Содержание

Проблемы химизации бетона	2
Иванов Ф. М., Батраков В. Г., Лагойда А. В. Основные направления применения химических добавок к бетону	3
Дмитриев А. М., Кузнецова Т. В. Направленное регулирование свойств цементов химическими добавками	5
Батраков В. Г. Суперпластификаторы в производстве железобетонных конструкций	7
Ратинов В. Б., Розенберг Т. И., Кучеряева Г. Д. Комплексные добавки для бетона	9
Цыганков И. И. Экономика применения суперпластификаторов	11
Довжик В. Г. Применение добавок для улучшения технологии и свойств легких бетонов	13
Крылов Б. А., Королев Н. А., Зиновьева Т. Н. Повышение прочности и интенсификации твердения бетона введением добавок	14
Комар А. А., Бабаев Ш. Т. Комплексные добавки для высокопрочного бетона	16
Бочаров Н. А. Производство изделий с добавками	18
Петров С. М. Добавки к бетону для гидромелиоративного строительства	19
Попов П. В. Опыт применения добавок в производстве сборного железобетона	21
Афанасьева В. Ф., Кожуринчев А. М. Применение суперпластификатора С-3 на Ростокинском заводе ЖБК	22
Шашин А. Ф., Ционский А. Л. Перспективы использования суперпластификаторов при производстве напорных труб	23
Об итогах Всесоюзного общественного смотра-конкурса на лучшее качество строительства в десятой пятилетке, проведенного в 1980 г.	25

Конструкции

Вальчук Д. Г., Ковтунов Б. П., Нигматуллина Н. Х. Армирование консолей колонн многоэтажных зданий	26
Болдышев А. М., Мальганов А. И. Элементы Х-образного сечения с диагональным армированием	28
Жуковский Э. З., Долганова О. В. Исследование составной оболочки большого пролета в стадии монтажа	29
Цейтлин С. Ю. Прогобы и выгибы элементов с поперечными трещинами обжатия	31

Бетоны

Смирнов А. Е. Шлакопемзобетон для звукоизолирующих и несущих панелей	33
Милованов А. Ф., Зиновьев В. Н. Деформации высокопрочного бетона при кратковременном нагреве	34
Кутепов Д. Ф., Огнева Н. Е., Губанова Т. С., Валендзик Г., Максимов Ю. В. Бетополимеры на основе насыщенных полиэфиров	35
Жуков В. В. Моделирование процесса разрушения влажного бетона при нестационарном нагреве	36
Павлов В. И., Ушков Ф. В., Азизов П., Тачкова Н. А. Теплотехнические свойства легких бетонов на жидком стекле	38

Заводское производство

Ямлеев У. А., Кудряшова Р. А., Якушин В. А. Применение высокопрочного керамзитобетона с пониженной объемной массой	39
Каплан М. Б. Трехъярусный стан для производства панелей внутренних стен и перекрытий	40

В помощь заводским лабораториям

Квицаридзе О. И., Манвелов С. А., Берия В. В., Джавахадзе Г. С. Автоматизация параметров воздушной среды в лабораторных помещениях	42
--	----

В порядке обсуждения

Полак А. Ф., Хабибуллин Р. Г., Яковлев В. В., Латыпов В. М. Обобщенная математическая модель коррозии бетона в агрессивных жидких средах	44
--	----

Стандарты

Серых Р. Л., Волков Ю. С., Богославский В. А. Стандарт на методы испытаний бетонов на выносливость	46
--	----

9

[318]

сентябрь 1981



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

Москва

© Стройиздат, 1981

Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР считают необходимым коренным образом улучшить всю работу по экономии и рациональному использованию сырья, материалов, топлива и энергии во всех звеньях народного хозяйства.

Из постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении работы по экономии и рациональному использованию сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов»

УДК 666.972.16

Проблемы химизации бетона

Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года ставят перед народным хозяйством страны задачи дальнейшего повышения эффективности и качества продукции, быстрее использования достижений науки в производстве, экономного расходования энергии, металла, сырья, более широкого применения механизации и автоматизации процессов с целью сокращения трудовых затрат и улучшения условий труда.

Одним из наиболее перспективных направлений повышения эффективности и качества бетона и железобетона является в настоящее время применение химических добавок при их производстве.

Исследование и применение химических добавок развивается быстрыми темпами. Наряду с традиционными добавками, которые в основном являются отходами производства, разработаны и во все больших количествах применяются продукты, специально изготавливаемые промышленностью в качестве химических добавок — С-3, 10-03, СПД, СНВ, БТП, ННХК и др.

Накопленный производственный опыт применения химических добавок, в особенности суперпластификаторов, и результаты научно-исследовательских работ и технико-экономических расчетов показывают возможность получения значительного технико-экономического эффекта при широком внедрении химических добавок в технологии бетона и железобетона. Необходимо в первую очередь наладить производство химических добавок в нужных для строительства количествах и организовать их использование на каждой бетоносмесительной установке.

Эффективность использования добавок подтверждает опыт предприятий Главмоспромстройматериалов, где широко применяют добавки различного вида

и назначения. Это дает значительный экономический эффект и позволяет сокращать расход цемента, затраты энергии в связи с уменьшением цикла тепловлажностной обработки, повышать прочность бетона и т. д. Экономический эффект составляет от 0,5 до 4 р. на 1 м³ изделий.

Все более широкое применение получают воздухововлекающие и порообразующие добавки при производстве легбетонных ограждающих конструкций.

На стройках Минстроя СССР, Минтяжстроя СССР, Минтрансстроя, Минводхоза СССР и других строительных министерств и ведомств в ответственные сооружения с добавками укладывается 60—65 млн. м³ бетона. Добавки вводятся в бетон практически всегда, когда к нему предъявляются требования повышенной морозостойкости. В стандартах на бетон для дорожных покрытий, а также гидротехнический применение добавок нормировано как обязательное мероприятие. Особенно большой технико-экономический эффект получен при использовании суперпластификаторов, позволяющих повысить подвижность смесей, существенно улучшающих условия труда на их укладке без снижения прочности бетона.

Однако технические характеристики добавок и объем их выпуска и применения не удовлетворяют потребности строительства. Еще недостаточен объем теоретических исследований добавок, выбор веществ для исследования зачастую случаен и осуществляется без достаточного обоснования. В результате средства и время затрачиваются на разработку добавок, не имеющих существенных технических и экономических преимуществ перед известными.

Предприятия сборного железобетона и строительные организации плохо подготовлены к приему и применению добавок. Отсутствуют склады для приема

добавок, поступающих в железнодорожных цистернах. Только часть бетоносмесительных узлов располагает дозаторами добавок. Нет вспомогательных устройств для подготовки рабочих растворов добавок. Промышленность сборного железобетона и строительные площадки в должной мере не подготовлены и использованию преимуществ, которые дает применение добавок. Недостаточно распространены знания о химических добавках и условиях их применения.

Объективно оценивая достижения и недостатки, следует наметить пути дальнейшего внедрения химических добавок в производство бетона. Большие задачи по улучшению качества бетонных и железобетонных конструкций за счет широкого применения химических добавок возлагаются на научно-исследовательские организации. Наряду с совершенствованием известных добавок следует продолжать поиски новых, широко используя побочные продукты производства. В организации производства химических добавок должны участвовать Министерство промышленности строительных материалов СССР, Министерство химической промышленности СССР, Министерство нефтяной промышленности, Министерство лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности СССР. Только объединенные усилия науки и производства позволят получать ощутимый эффект при использовании в бетонах химических добавок, что найдет выражение в ускорении и значительном удешевлении строительства, резком повышении качества работ.

Химизация технологии бетона в полной мере отвечает постановлению ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении работы по экономии и рациональному использованию сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов».

Ф. М. ИВАНОВ, д-р техн. наук;
В. Г. БАТРАКОВ, А. В. ЛАГОЙДА, кандидаты техн. наук (НИИЖБ)

Основные направления применения химических добавок к бетону

Введение в состав бетона небольших количеств различных химических веществ — добавок для изменения и регулирования свойств бетонных смесей и затвердевших бетонов — способствует повышению эффективности и качества в производстве железобетонных изделий и при возведении монолитных сооружений.

Перед технологами по бетону стоит задача получить более прочные и долговечные бетоны, предназначенные для различных условий эксплуатации. При отработке технологии необходимо максимально уменьшить затраты энергии, труда и материалов при изготовлении бетонов с заданными свойствами.

Правильное использование уже разработанных и получение новых добавок возможно только на основе представлений о механизме их действия и при четкой формулировке целей, которые предполагается достичь в результате их введения. До последнего времени изыскание и разработка добавок проходили в большинстве случаев хаотично и случайно. Главное внимание уделяли возможности использования отходов различных производств, так как основными требованиями были неадекватность сырья и дешевизна добавки. Наибольшее распространение получили добавки, применявшиеся с целью экономии цемента. В этом случае основным показателем, определяющим целесообразность и эффективность применения добавки, является стоимость в расчете на 1 м³ бетона и размер достигаемого снижения расхода цемента. Из рис. 1 следует, что добавки стоимостью до 100 р/т будут эффективны даже при небольшом (5%) снижении расхода цемента, при дозировке до 1%. В то же время дорогие добавки, например некоторые виды суперпластификаторов, стоимость которых превышает 100 р/т, будут экономически выгодны только при дозировке ниже 0,3 — 0,2%, а получаемая экономия цемента при этом будет не менее 15 — 20%.

В соответствии с классификацией добавок по основному эффекту действия

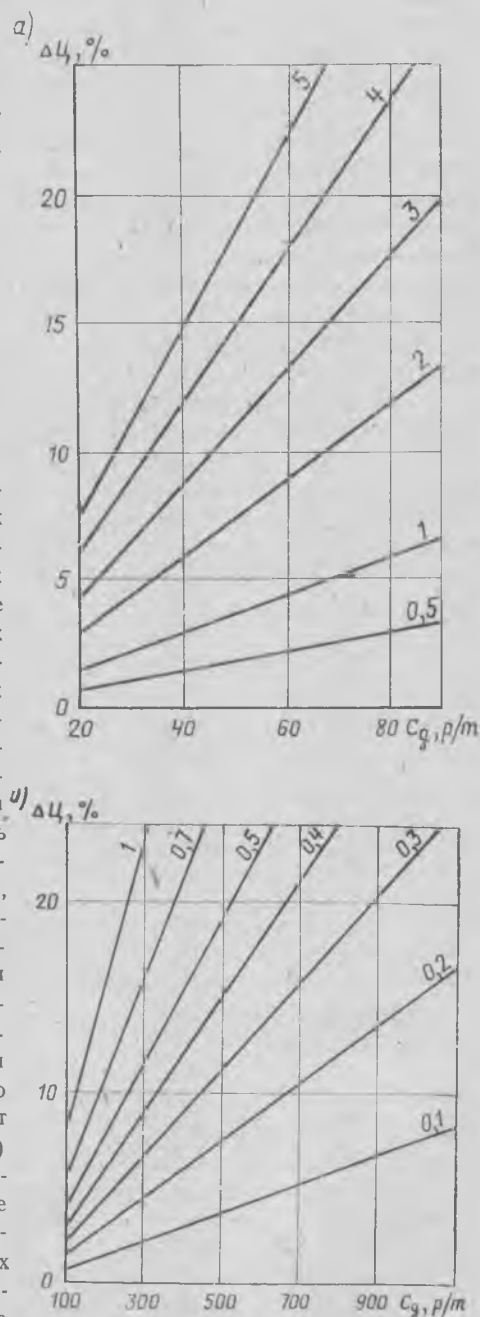


Рис. 1. Минимальное снижение расхода цемента при введении добавки
а — при стоимости добавки менее 100 р/т;
б — то же, более 100 р/т. Цифры показывают дозировку добавки в % сухого вещества массы цемента

(ГОСТ 24211—80) можно приближенно определить область целесообразного применения наиболее распространенных из них. При оценке эффективности конкретных добавок следует обязательно учитывать и ограничения в их применении, например возможность коррозии арматуры, снижение прочности и т. п.

Широкому распространению применения добавок способствовали разработка и внедрение в строительстве специально синтезированных веществ — высокоэффективных пластификаторов, условно названных суперпластификаторами. Введение этих добавок не только увеличивает разжижающий эффект без изменения прочности бетона, что позволяет отказаться от жестких бетонных смесей и перейти на подвижные и даже высокоподвижные смеси, вплоть до литых. Однако и при использовании суперпластификаторов действуют общие закономерности зависимости свойств бетона от состава и технологии бетона, т. е. уменьшение количества воды в составе смеси повышает прочность материала. Условия уплотнения и твердения являются не менее важным фактором, определяющим свойства бетона, чем его состав, поэтому массовое применение суперпластификаторов должно осуществляться только при всестороннем анализе наиболее эффективного их использования с учетом стоимости добавки.

Возможность использования добавок пластификаторов и суперпластификаторов для одновременного повышения подвижности смеси и прочности бетона за счет использования пластифицирующего эффекта и для уменьшения расхода воды показана на рис. 2. Построение таких графиков для конкретных материалов и технологии позволит находить оптимальные решения для практических целей.

Применение суперпластификаторов требует перестройки технологии бетона, изменения конструкции форм, транспортирующих устройств и механизмов для распределения и укладки смесей. В зависимости от вида конструкции необходи-

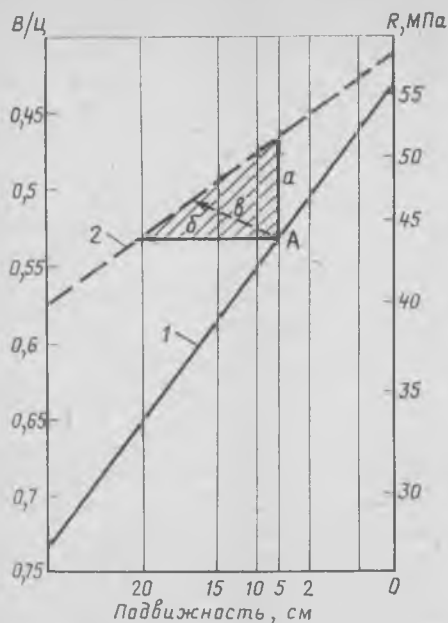


Рис. 2. Прочность бетонов из смесей различной подвижности
1 — без добавок; 2 — с оптимальной добавкой суперпластификатора; а — для повышения прочности; б — для разжижения смеси; в — для частичного разжижения смеси. Заштрихована область бетонов, которые можно получить из бетона А при введении суперпластификатора

мо решать один из основных вопросов, возникающих при работе с подвижными смесями, — вопрос о водоотделении смеси после укладки. Седиментация и выделение воды неизбежны при формировании высоких конструкций и менее

опасны при бетонировании плоскостных. Необходимо теоретически обосновать и практически решить задачу получения стабильной, нерасслаиваемой бетонной смеси.

Производственные испытания показали, что добавки пластификаторов, в особенности суперпластификаторов, весьма эффективны для получения высокопрочных бетонов заданной прочности. Можно повысить прочность на марку, а во многих случаях на две марки, водонепроницаемость — на 3—4 марки. Повышение прочности можно использовать для ускорения приобретения бетоном заданной прочности, что достигается снижением В/Ц благодаря пластифицирующему эффекту и соответствующему повышению прочности, в том числе и на начальных стадиях твердения. Ускорение твердения — актуальная проблема, однако до сих пор не созданы бесхлоридные ускорители, безопасные для арматуры.

В последние годы большое внимание уделяется замедлителям схватывания, а в некоторых случаях и твердения бетонных смесей. Это необходимо в основном при бетонировании монолитных сооружений из смесей, транспортируемых со стационарных бетоносмесительных установок на значительные расстояния, особенно актуально в условиях сухого и жаркого климата. В этом направлении достигну-

ты немалые успехи благодаря применению повышенных дозировок пластификаторов, замедляющих гидратацию в начальный период. Целесообразно использовать технические продукты, содержащие сахара, глюкозиды, в частности сахарную патоку.

Использование воздухововлекающих и газовыделяющих добавок для сооружений, к которым предъявляются требования повышенной морозостойкости, позволяет получить морозостойкие бетоны для всех условий их эксплуатации. Предстоит работа над получением стойкого бетона в особосуровых климатических условиях и при замораживании бетона непосредственно в воде, особенно при замораживании в растворах солей. Добавки могут придать бетонам специальные свойства, например биоцидность, электропроводность, повышенную коррозионную стойкость, пассивацию стали в бетоне. Объем производства большей части этих добавок явно недостаточен, а стоимость некоторых из них высока.

Недостаток добавок в виде продуктов, специально выпускаемых промышленностью, восполняется отходами производства. Свойства отходов в значительной степени зависят от технологии основного производства и не однородны по характеристикам, в отличие от специально вырабатываемых продуктов.

Класс	Подкласс	Особенности взаимодействия	Эффекты действия	Примеры добавок
Химически взаимодействующие с минералами цемента или с продуктами его гидратации	Образующие труднорастворимые соединения	Продукты взаимодействия выделяются на поверхности твердой фазы в виде пленки	Пластификация, замедление, твердение	Некоторые органические кислоты: глюконовая, виннокаменная
		Продукты взаимодействия выделяются в объеме жидкой фазы	Уплотнение	Альгинат натрия
	Образующие растворимые соединения, влияющие на процессы гидратации, или структурообразование цементного камня	—	Ускорение, твердение Замедление, твердение	Муравьиная кислота; сахар при малых дозировках; то же, при повышенных дозировках
	Образующие продукты реакции с компонентами цемента, изменяющие структуру цементного камня	Продукты взаимодействия выделяются в виде гидрофобной пленки	Газовыделение, гидрофобизация	ГКЖ-94, ФЭС-50
Адсорбционно-взаимодействующие с твердой фазой в системе «цемент — вода». Поверхностно-активные	Необратимо сорбирующиеся (каогулирующие) на поверхности	Образование молекулярных пленок на поверхности твердой фазы	Пластификация	СДБ, С-3, ПАЩ, ВРП при малых дозировках
		Образование коагуляционных пленок	Замедление твердения схватывания	То же, при повышенных дозировках
	Обратимо сорбирующиеся	—	Пластификация	—
Не взаимодействующие и не сорбирующиеся на поверхности твердой фазы (пенообразователи)	Гидрофилизирующие	Образование мелкодисперсной устойчивой пены	Повышение морозостойкости, удобоукладываемости, снижение объемной массы	СНВ, СПД, ЦНИИПС-1
	Гидрофобизирующие	Образование гидрофобной пленки на поверхности твердой фазы	Небольшое пенообразование, гидрофобизация	ГКЖ-10, ГКЖ-11, мылонафт

Для наиболее широко применяемых отходов разработаны технические условия, которые гарантируют потребителю определенные характеристики состава, однако в большинстве случаев в ТУ нет прямых испытаний тех свойств бетонов, которые должны улучшаться данной добавкой. В связи с этим строители для каждой партии добавки должны уточнять эти показатели экспериментально в бетоне. Необходимо разработать ускоренные методы отределения эффективности добавок различного назначения.

Для изучения возможности улучшения свойств бетонов проведено много исследований, в которых опробованы как промышленные продукты, выпускаемые для других целей, так и побочные продукты некоторых производств. Изучена также возможность использования отходов различных отраслей промышленности. Систематизация этих данных позволяет прогнозировать внедрение тех или иных отходов по аналогии с исследованными. Однако исследования добавок на основе лигносульфонатов пока не закончены и перспективной задачей является создание дешевых и не дефицитных добавок на их основе. Следует отметить, что в состав большей части комплексных добавок входят лигносульфонаты. Использованию отходов различных производств в бетонах должны обязательно предшествовать токсикологические исследования, поскольку выделение даже небольших количеств некоторых химических веществ

может создать дискомфортные или вредные условия для человека.

И, в заключение, об исследованиях механизма действия добавок и процессов, протекающих при их введении, в состав бетонов на портландцементе. Механизм действия добавок солей — электролитов достаточно всесторонне рассмотрен в известных работах В. Б. Рабиновича и Т. И. Розенберга. Механизм действия органических добавок, в том числе высокомолекулярных соединений, следует рассматривать отдельно в зависимости от эффекта, который эти соединения обуславливают.

Наиболее перспективные добавки-суперпластификаторы являются водорастворимыми соединениями с большими размерами молекул (молекулярная масса должна быть в пределах от 300 до 3000, а по некоторым данным до 20000). Полярность молекул обуславливает появление заряда на поверхности частиц цементат или запонителя, покрытых адсорбированной пленкой макромолекул добавки. Эффект пластификации — разжижения цементно-водной суспензии, определяющей и реологические свойства бетонных смесей, определяется суммарным проявлением нескольких процессов: дефлокуляции агрегированных частиц цемента и освобождением при этом иммобилизованной во флоклах воды, снижением внутреннего трения в суспензии из-за образования на поверхности цементных частиц пленки, состоящей из крупных поляр-

ных молекул, и возникновения одноименного электрического поверхностного заряда, отталкивающего частицы и облегчающего их скольжение. Исследования адсорбции и измерения дзетапотенциала подтверждают эти представления. Другие виды органических добавок можно классифицировать по механизму взаимодействия с цементом или продуктами его гидратации (см. таблицу). Достаточно четкая классификация по механизму действия предложена для добавок, повышающих стойкость бетона.

Рассмотренные направления применения различных добавок для бетона и анализ состояния исследований позволяют наметить основные задачи эффективного их использования: организация производства суперпластификаторов на основе недефицитного сырья в масштабах, удовлетворяющих потребности строительства; разработка полифункциональных добавок, повышающих качество бетона (прочность, стойкость) и улучшающих технологические свойства смесей; исследование механизма действия добавок и разработка на этой основе добавок, ускоряющих твердение цемента в бетоне и повышающих его конечную прочность и стойкость к различным воздействиям внешней среды.

Классификация добавок по различным признакам позволяет направленно вести их поиск с учетом химического состава и структуры материала добавки, а также технико-экономических показателей и перспектив внедрения.

УДК 691.54:666.972.16

А. М. ДМИТРИЕВ, Т. В. КУЗНЕЦОВА, кандидаты техн. наук (НИИЦемент)

Направленное регулирование свойств цементов химическими добавками

Химические добавки способны модифицировать свойства цемента. При введении их в сырьевую смесь улучшается кристаллизация основных минералов в клинкере и благодаря этому повышаются прочностные показатели цемента, либо при обжиге клинкера формируются новые минералы, обладающие специфической структурой, что способствует получению особо быстротвердеющих цементов. Добавки, вводимые в состав цемента, изменяют структуру цементно-

го камня, образующегося при его гидратации.

Дальнейшее развитие технологии цемента приведет к расширению применения добавок всех типов и освоению производства на цементных заводах некоторых добавок специально для введения в состав цемента.

Большинство электролитов при введении в цемент повышает его гигроскопичность, поэтому их можно вводить лишь в сочетании с органическими материала-

ми. Комплексные добавки этого типа, например гидрофобизированный хлорид кальция, весьма эффективны [1], но недостаточно технологичны. Кроме того, они снижают марочную прочность цемента, что экономически невыгодно, так как рост производительности труда на цементных заводах поддерживается на требуемом уровне только при повышенной активности выпускаемого цемента. По механизму действия добавки, вызывающие повышение марки цемента,

Завод	Удельная поверх- ность, см ² /г	Содержа- ние ЛСТМ-2, %	Расплав конуса, мм при В/Ц=0,4	Предел прочности, кгс/см ² , образ- цов при сжатии по ГОСТ 310.4—76				
				нормального тверде- ния, сут			после тепло- влажностной обработки, сут	
				1	3	28	1	28
Себряковский	2950	—	115	148	317	535	330	507
	3500	0,17	171	240	385	578	495	604
Здолбуновский	3540	—	115	267	396	545	460	625
	3940	0,19	145	372	458	609	502	659
Амвросиевский	4000	—	110	189	371	586	334	501
	4150	0,2	163	216	431	624	378	545

разделяются на модифицирующие гранулометрический состав и реологические свойства цемента и служащие кристаллизационными компонентами (крентами) для гидратационной структуры цемента.

К первой группе относятся пластификаторы на основе модифицированных лигносульфонатов ЛСТМ-2, которые вводят при помоле цемента в количестве 0,15—0,2% [2—3]. Для получения добавки структура лигносульфонатов с близкой средней молекулярной массой, оптимальной по пластифицирующему и воздухововлекающему эффектам, модифицируется специально подобранными аминоксодержащими веществами. В результате повышается отрицательная зарядность активных центров молекул из-за замещения части кислотных групп основными (аминогруппы, замещенные аминоксодержащими и т. д.), усиливается способность к хемосорбции на цементе и соответственно сокращается число фракций лигносульфонатов в физически адсорбированном состоянии, а также стабилизируются их физико-химические свойства. Это уменьшает смазочное действие добавки в мельнице, вызывающее для ПАВ рост содержания в цементе крупной (более 30 мкм) и мелкой (менее 5 мкм) фракций, что неблагоприятно сказывается на свойствах цемента. Адсорбционно-реологические свойства ЛСТМ-2 подобраны таким образом, что добавка «сужает» гранулометрию цемента и этим улучшает его строительно-технические свойства. Изменение гранулометрии цемента, аналогичное наблюдаемому при введении ЛСТМ-2, повышает активность цемента примерно на 30—70 кгс/см². Сокращение числа свободных молекул лигносульфонатов в жидкой фазе исключает избыточное воздухововлечение при перемешивании и формировании бетонной смеси на цементе с ЛСТМ-2, поэтому его можно использовать при обычных режимах тепловлажностной обработки [3]. Эффект ЛСТМ-2 не уступает действию пластификаторов. Преимуществом этой добавки является также ее низкая стоимость и возможность введения в мельницу.

Промышленное производство добавки ЛСТМ-2 с 1981 г. осваивается на Соликамском целлюлозно-бумажном комбинате. Опытнo-промышленные партии высокомарочных цемента с ЛСТМ-2 выпущена на Себряковском, Амвросиевском и Здолбуновском цементных заводах (табл. 1).

НИИЦементом совместно с Южгипроцементом разработано несколько разновидностей крентов, представляющих собой комплексные химико-минеральные добавки. Это кусковые, сыпучие, несмерзающиеся материалы, которые служат исходным реагентом и затравкой для формирования в цементном камне этрингита и низкоосновных гидросиликатов [4, 5]. Прирост марочной прочности цемента, обеспечиваемый крентом, достигает 200 кгс/см². Высокопрочные цементы с крентами обладают в основном улучшенными стойкостью-техническими свойствами. Такие цементы обладают пониженной деформацией усадки, повышенными показателями морозостойкости, сульфатостойкости и сохранности гидравлической активности при хранении, хорошо зарекомендовали себя при пропаривании.

На основе крента, изготовленного на предприятиях Минхимпрома, выпущены три опытно-промышленные партии высокопрочного цемента активностью 600—670 кгс/см² на Здолбуновском цементно-шиферном комбинате, а также партии высокопрочного цемента марки М 550 на Подольском цементном заводе из рядового клинкера активностью

400 кг/см² на основе крента, изготовленного на Опытном заводе НИИЦемент. По состоянию сырьевой базы оборудования и технологическому уровню производства Подольский завод относится к числу наиболее слабых предприятий отрасли. Проведенный эксперимент продемонстрировал принципиальную возможность организовать производство высокомарочных цемента с крентами на любом цементном заводе страны. Это позволит впервые исключить привязку производства высокомарочных цемента только к заводам, располагающим сырьем высокой реакционной способности, и расширит географию выпуска этих цемента за счет перевозок на предприятия централизованно изготавливаемых крентов. Промышленный выпуск крента намечено освоить в одиннадцатой пятилетке на Амвросиевском цементном заводе. Можно транспортировать часть крента на некоторые заводы центра и северо-запада европейской части СССР для организации производства высокопрочного цемента. В дальнейшем планируется производство крента на предприятиях химической промышленности.

Таким образом, расширение применения химических и химико-минеральных добавок является одним из основных направлений технико-технологического процесса в области производства цемента, улучшения его строительно-технических свойств при снижении топливно-энергетических затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кравченко И. В., Тарнацкий Г. М., Юдович Б. Э. Способ введения ускорителей твердения в цемент. — Цемент, 1973, № 2.
2. Тарнацкий Г. М., Калинин Ю. С., Грибанова Н. В. и др. Новые пластифицирующие добавки к цементу и бетону. — Цемент, 1980, № 9.
3. Левин Л. И., Пискарев В. А., Тарнацкий Г. М., Юдович Б. Э. Опыт применения высокопрочного цемента с суперпластификатором ЛСТМ-2 в промышленности сборного железобетона. — В кн.: Повышение качества и эффективности изготовления бетонных и железобетонных конструкций за счет химических добавок. Тезисы докладов Всесоюзной конференции. Вильнюс, 22—24 апреля, 1981 г. М., НТО Стройиндустрия, 1981.
4. Пономарев И. Ф. Исследование и разработка способа регулирования свойств цемента путем введения при помоле сульфоломниатной добавки. М., НИИЦемент, 1980.

В Госстрое СССР

Постановлением Госстроя СССР от 20 января 1981 г. № 5 утвержден и с января 1982 г. вводится в действие разработанный Северо-Западным отделением института Энергосетьпроект Минэнерго СССР и НИИЖБ Госстроя СССР государственный стандарт «Стойки железобетонные центрифугированные для тяжелонагруженных опор высоковольтных линий электропередачи. Технические условия» (ГОСТ 24762—81).

Суперпластификаторы в производстве железобетонных конструкций

За последние годы в СССР и за рубежом интенсивно развиваются исследования и расширяется практическое использование новых весьма эффективных веществ — суперпластификаторов. Работы по их созданию и внедрению в нашей стране ведутся в НИИЖБ, ВНИИЖелезобетоне, НИЛ ФХММ и ТП, ВНИПИТеплопроекте, а также в ряде вузов (МХТИ, МИСИ, МАДИ и др.).

НИИЖБ совместно с НИОПиК разработал суперпластификатор, названный «Разжижитель С-3», получаемый на базе продуктов поликонденсации нафталинсульфоэфилов и формальдегида. Он разжижает смеси подвижностью от 2 — 4 до 20 — 22 см без снижения прочности бетона, а также может быть использован для уменьшения расхода воды в составе бетона и соответственно повышения его прочности.

Испытания в лабораторных условиях показали высокую его эффективность: при дозировке 0,5 — 1% добавки от массы цемента подвижность по осадке конуса увеличивается с 2 — 4 до 20 — 22 см; при одинаковой подвижности в возрасте 7 сут достигается повышение прочности на 45 — 80%, в 28 сут — на 30 — 50%. Введение С-3 позволяет получить бетоны аналогичной или несколько повышенной плотности при неизменном составе бетонов или значительно повысить плотность равноподвижных смесей. Так, по данным НИИЖБ, бетон без добавки из смеси подвижностью 2 — 4 см имел марку по водонепроницаемости В-4. Аналогичный по составу бетон после введения СП имел подвижность смеси 18 — 20 см, марку по водонепроницаемости В-6, а бетон с СП, в котором за счет пластификации было сокращено количество воды и подвижность смеси была равна подвижности контрольного состава, показал марку по водонепроницаемости более В-14. Это позволило получить бетоны повышенной коррозионной стойкости, в том числе в условиях капиллярного подсоса и испарения растворов солей.

При неизменном составе бетона и увеличении подвижности смеси от 4 — 5 до 16 — 18 см морозостойкость остается практически без изменений или да-

же несколько повышается, что может быть объяснено незначительным воздухововлечением в бетонах с СП.

Существенное влияние на эффективность применения суперпластификаторов оказывает минералогический и вещественный состав цемента. Как показали исследования, механизм действия С-3 тесно связан с адсорбцией добавки на межфазовой поверхности гидратирующегося цемента и стабилизацией последнего. Наибольшей адсорбционной способностью обладают алюминатные составляющие цементного клинкера. Повышение содержания C_3A , активной минеральной добавки осадочного происхождения и гипса приводит к увеличению адсорбции С-3. Адсорбция носит необратимый характер, не зависит от температуры, значительно увеличивается с появлением продуктов гидратации портландцемента. Сопоставление результатов измерения подвижности бетонной смеси в зависимости от дозировки добавки и величин адсорбции С-3 на различных вяжущих показало, что при высокой адсорбционной способности цемента для получения высокой подвижности смеси требуются повышенные дозировки С-3.

Ниже приведены некоторые данные о суперпластификаторах на основании сведений, представленных в тезисах докладов на конференции по добавкам, состоявшейся в Вильнюсе в апреле 1981 г.

Усадочные деформации равноподвижного (со сниженным на 25—30% количеством воды) состава с С-3 не превышают, а в ряде случаев меньше деформаций эталонного состава. Усадка бетонов из литых смесей несколько больше, чем для эталонных составов. Эксперименты показывают, что правильным регулированием дозировки С-3 можно добиться высоких показателей по прочности и деформативности по сравнению с бетонами без добавки.

Введение суперпластификаторов позволяет применить рядовые портландцементы взамен цемента марки 600 для получения высокопрочных бетонов марок М600 и выше. В ПКТБ Минпромстроя БССР (Минск) обобщен

опыт применения С-3 на предприятиях министерства с 1978 г. Применялся С-3 для производства высокопрочных бетонов, для сборных и монолитных конструкций, широкое распространение которых до настоящего времени сдерживалось дефицитностью высокомарочных и чистоклинкерных цемента, трудоемкостью формования из малоподвижных смесей. На предприятиях министерства изготовлены опытные партии конструкций различного назначения, в том числе внутренних стен и перекрытий на Светлогорском ДСК, объемные блок-комнаты из аглопоритобетона на Минском ДСК-3, колонны серии ИИ-04 на Барановичском комбинате ЖБК, напорные трубы на Минском КПД-2 и др.

Аналогичные данные получены Оргтехстроем Главдальстроя на основании опыта предприятий Хабаровского края.

Для решения вопроса о возможности применения бетонов с С-3 для мостовых конструкций в ЛИИЖТ были проведены специальные исследования. Установлено, что при расходе цемента 450 кг/м³ прочность бетона с 0,6% С-3 в возрасте 28 сут на 33% выше прочности бетона без добавки (64 МПа без добавки; 82,1 МПа с С-3) и на 73,5% в возрасте 3 сут. При расходе цемента 310 кг/м³ наблюдается прирост прочности соответственно на 38,1 и 71%, т. е. отмечается интенсификация твердения бетона на ранних стадиях.

Применение СП на нафталинформальдегидной основе весьма эффективно при изготовлении конструкций для элеваторов. На предприятиях Главэлеваторстроя Минсельстроя РСФСР введение в бетонные цементно-песчаные смеси суперпластификаторов позволило существенно облегчить формование густоармированных тонкостенных конструкций элементов силосных корпусов, формируемых обычно из смесей подвижностью 5—8 см. При этом не отмечено отрицательного влияния добавки на деформативные свойства бетона. Формование объемных элементов стен силосов проведено в сжатые сроки,

при снижении расхода цемента и существенном повышении производительности труда.

Исследования Ярославского политехнического института и НИИЖБ показали, что введение С-3 и разночастотное вибрирование обеспечивают эффективное уплотнение бетонной смеси жесткостью 120 с в форме с пустотобразователями.

Работами НИИЖБ совместно с Одесским инженерно-строительным институтом подтверждена эффективность применения С-3 в комплексе с СДБ и получены данные, позволяющие проектировать оптимальные составы бетона для строительства Южно-Украинской АЭС, где осуществляется внедрение литых бетонных смесей с комплексной добавкой на основе С-3. При этом расход С-3 сокращается на 30—40%.

На ряде заводов страны — ПО «Баррикада» (Ленинград), Загорском комбинате железобетонных изделий, ПО Промводмонтаж (Бендеры), Гниваньском заводе железобетонных труб проводились работы, связанные с выявлением эффективности использования С-3 при изготовлении железобетонных напорных виброгидропрессованных труб. В настоящее время изготовлено около 50 тыс. м³ труб диаметром 500—1200 мм. Установлено, что применение 0,3—0,7% С-3 массы цемента позволило при получении равноподвижных бетонных смесей снизить расход воды на 18—25% и увеличить за счет этого прочность бетона на 1—1,5 марки, что способствует повышению качества виброгидропрессованных труб за счет уменьшения возможности отслоения защитного слоя.

Оценка сравнительной эффективности С-3 (СССР), БП-1 (НРБ), Complast M-1, Cormix SP-1 (Великобритания), Superfluidal (СФРЮ), Plastiment RV-40 (Швейцария), Мельмент Л 10 (ФРГ) показала, что отечественный суперпластификатор не уступает лучшим добавкам зарубежных фирм при уменьшенной в 5—6 стоимости.

На основании результатов широкой производственной проверки на предприятиях страны при изготовлении сборных и монолитных железобетонных конструкций по различным технологиям НИИЖБ разработал «Рекомендации по применению суперпластификатора С-3 в бетоне». Выпущены технические условия ТУ 6-14-625-80 на продукт и разработан технологический регламент на его промышленное изготовление. Суперпластификатору С-3 присвоен знак 1-й категории качества.

В 1978—1980 гг. с применением С-3 изготовлено свыше 500 тыс. м³ бето-

на и железобетона. Экономический эффект от применения С-3 составляет 3—6 р/м³, или 1000—2000 р/т продукта при отпускной цене 287 р/т.

НИИЖБ совместно с НИИПМ Минхимпрома СССР разработал суперпластификатор на меламиноформальдегидной основе, изготавливаемый на заводе «Метил» (Пермская обл.). Внедрение МФАС-Р100-П на заводе ЖБИ им. Ленинского комсомола в Свердловске показало, что время укладки и уплотнения смеси при неправильной ее подаче для одной кассетной машины уменьшалось с 40 до 3—5 мин, а пропаривание сократилось на 2,5—3 ч без снижения прочности бетона. Средняя оборачиваемость форм составляет до 1,3 об. в сут вместо 1 об. с соответствующим увеличением выпуска продукции без реконструкции цеха. Облегчение процесса формования и повышение качества поверхности панелей позволило уменьшить состав формовочных бригад на 1 человека в смену (т. е. 3 чел. в сутки).

Следует отметить, что суперпластификатор на основе сульфированных меламиноформальдегидных олигомеров в зависимости от глубины поликонденсации оказывают различное действие на бетонные смеси.

В лабораториях ВНИИЖелезобетона разработаны добавки 10-03 (на меламиноформальдегидной основе) и 30-03 (на базе нафталина). Для выпуска их опытно-промышленных партий ВНИИЖелезобетон совместно с Кишиневским строительно-экспериментальным ДСК (Молдавская ССР), Енакиевским заводом железобетонных напорных труб (Донецкая обл.) и другими организациями спроектировал и создал специальные установки. Общая их мощность превышает 500 т/год. Всего в СССР выпущено около 70 тыс. м³ сборного железобетона с использованием 10-03.

Введение 10-03 (0,35—0,7% массы цемента) одинаково эффективно в бетонах с повышением (450—550 кг/м³) и относительно низким (250—300 кг/м³) расходом цемента. Для получения равноподвижных литых смесей возможно редуцирование воды затворения на 17—25% с повышением прочности при сжатии и изгибе на 25—40%, призмной прочности на 20—40%, начального модуля упругости на 10%, при неизменном составе бетона и увеличении подвижности смеси с 4—6 до 20—22 см получены данные, показывающие, что морозостойкость не снижается. Вместе с тем установлено некоторое увеличение деформаций ра-

стяжения и ползучести по сравнению с контрольными составами.

По данным Ленинградского политехнического института, суперпластификаторы 10-03 оказывают незначительное влияние на влагоотдачу цементного камня, повышают его усадку в среднем на 25—35%. Наибольшей контракцией обладает цементный камень при добавке 10-03 (усадка за 42 сут составила 0,16%), наименьшей — цементный камень с 30-03 (усадка 0,08%). Образцы без добавки и с добавкой СДБ, твердевшие в тех же условиях, имели усадку, равную, соответственно, 0,13 и 0,1% (твердение на воздухе с относительной влажностью от 70 до 90%).

Введение добавок повышает упругие и снижает пластические свойства высокопрочных бетонов (105—110 МПа) на заполнителях всех видов, как это показано МИСИ и ВНИИЖелезобетоном.

Введение в состав бетонной смеси тонкомолотого шлака в комплексе с добавкой 10-03 приводит к дополнительному увеличению прочности бетона, подвергнутого тепловлажностной обработке, с 1,5—4 до 10 МПа при нормальном твердении с одновременным увеличением пластичности бетонной смеси с 2—3 до 25 см. При этом оптимальное содержание 10-03 увеличивается относительно бездобавочного цемента. Результаты работ свидетельствуют о возможности получения высокопрочных бетонов с добавкой шлака и суперпластификаторов.

Добавки 10-03 и 30-03 внедрены на ряде предприятий. На заводе «Киев-железобетонстройкомплекс» с 30-03 была выпущена партия колонн из бетона марок М700—М800 на портландцементе марки 500, а на одном из предприятий Московской области изготовлены ригели из бетона марок М800—М1000 на портландцементе марки 600. Высокая разжижающая способность позволяет использовать суперпластификаторы для решения комплекса задач, например сокращения времени формирования, цикла термообработки и расхода цемента.

На Енакиевском заводе железобетонных напорных труб применение 10-03 для труб диаметром 500, 700 и 1000 мм позволило сократить время формирования в 3—5 раз, а термообработки — на 0,5 ч. При этом классность труб возросла с 69,7 до 77,5%.

Практика свидетельствует об эффективности применения отечественных добавок и возможности значительной интенсификации производства сборного железобетона.

При применении суперпластификаторов экономическая эффективность достигается за счет снижения трудоемкости при укладке смесей; снижения износа парка форм; сокращения цикла в результате ускоренного роста прочности бетона и сокращения продолжительности твердения. Кроме того, снижается расход электроэнергии и пара; появляется возможность получения бетона более высоких марок, особенно при изготовлении высокопрочных бетонов на

цементных обычных марок; увеличивается выпуск изделий и сокращается расход цемента (до 15 — 20%).

При использовании суперпластификаторов снижается или полностью устраняется вибрация, упрощается технология укладки и уплотнения смеси в форму или опалубку, значительно улучшаются условия труда, отпадает необходимость в ручном выполнении ряда тяжелых операций.

Внимание всех строительных ми-

нистерств и организаций следует обратить на необходимость оснащения всех действующих и строящихся заводов складами для приема добавок в жидком и сухом виде, устройствами для приготовления, подачи и дозирования растворов нужной концентрации. Необходимо разработать варианты модернизированных типовых решений технологических линий с учетом возможностей, выявленных при применении суперпластификаторов.

УДК 666.972.16

В. Б. РАТИНОВ, д-р хим. наук, проф. (МАДИ);
Т. И. РОЗЕНБЕРГ, канд. хим. наук (ВНИИСТ); Г. Д. КУЧЕРЯЕВА, инж. (МАДИ)

Комплексные добавки для бетона

Комплексные добавки привлекают все большее внимание специалистов, о чем свидетельствуют практика их применения и материалы Всесоюзной конференции, проведенной в апреле текущего года.

Наиболее часто комплексные добавки используют для ликвидации нежелательного побочного действия, вызванного введением в бетонную смесь индивидуальных добавок, для усиления их основного положительного эффекта и для придания им полифункциональности или расширения спектра свойств бетона, на которые они могут оказать позитивное влияние. Большинство хорошо зарекомендовавших себя отечественных и зарубежных добавок (С-3, ННХ, ННХК и др.) относятся к комплексным. Следовательно, назрела необходимость выявления некоторых закономерностей в действии подобных добавок, что будет способствовать их успешному внедрению в производство.

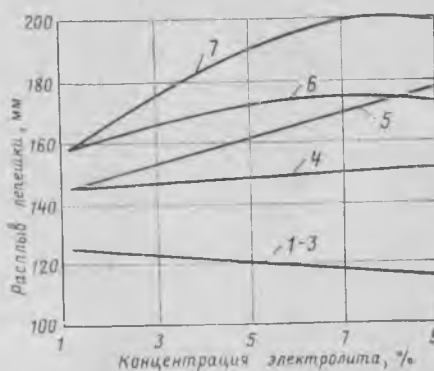
Рассмотрим влияние некоторых двух- и многокомпонентных добавок, состоящих из продуктов, как сходных по своей природе и механизму действия, так и существенно различающихся.

Пластифицирующий эффект обеспечивается главным образом органическими поверхностно-активными веществами (ПАВ) в результате снижения ими межфазовой энергии на границе твердой и жидкой фаз — σ_{22} и их адсорбции на зернах вяжущих, и, особенно, новообразований.

При исследовании комплексных добавок установлено, что если вещества характеризуются сходной природой и

Цемент марки М400	Количество добавки, % массы цемента	Распыл пещки, мм
Белгородский	—/—*	160
	0,7/—	145
	—/0,15	126
	0,7/0,15	162
Себряковский	—/—	114
	1/—	145
	—/0,15	124
	1/0,15	149
	—/0,3	139
	1/0,3	170

* Перед чертой — НФ, после черты — СДБ



Пластифицирующее действие на растворные образцы добавок электролитов в зависимости от их дозировки
Состав образцов: Ц:П=1:3
1 — ННХ; 2 — CaCl_2 ; 3 — ННХК; 4 — 0,2% СДБ+ННХК; 5 — 0,5% С-3+ННХК; 6 — 0,7% С-3+ CaCl_2 ; 7 — 0,7% С-3+ННХК

механизмом пластифицирующего действия, то эффект от их совместного введения не бывает выше, чем это требуется по принципу аддитивности (см. таблицу).

Если комплексная добавка составлена из компонентов с разным механизмом пластификации ими бетонной смеси, например из суперпластификатора и электролита, то удается реализовать эффект взаимного усиления их пластифицирующего действия (см. рисунок). Эти данные были получены при использовании цементов разного состава, а в качестве добавок — нитрита, нитрата, хлорида кальция, ННХ в соотношении по массе 1:1 и ННХК в соотношении 1:1:2 совместно с суперпластификатором нафталиноформальдегидного типа НФ как на цементно-песчаных растворах, так и на бетонных смесях. Сделанный вывод относится и к применению в качестве компонентов добавок веществ, способных вступать в химические реакции.

Наиболее технико-экономически оправданным следствием эффекта взаимного усиления пластифицирующего действия каждого компонента комплексной добавки [1] является снижение расхода дефицитного суперпластификатора или более существенное, чем в случае введения индивидуальных добавок, уменьшение В/Ц с соответствующим повышением прочности бетона, в случае комбинации из СДБ и электролитов удается экономить 12—15% цемента. При введении электролитов в больших концентрациях комплексные добавки можно применять как противоморозные.

ПАВ, частично адсорбируясь на активных центрах зерен вяжущих, замедляют процессы их схватывания в ранние сроки твердения. Компенсирующим фактором при этом может служить деаэрация с помощью добавок частиц цемента — свойство, наиболее полно выраженное при введении, например меламино- и нафталиноформальдегидных суперпластификаторов [2]. В результа-

те растет поверхность реакции цемента с водой и, следовательно, зависящая от нее линейно скорость растворения частиц. При этом некоторая компенсация получается и в результате возникновения более дисперсных новообразований, — как следствие адсорбции и модифицирующего действия ПАВ на новые гидратные фазы, и в соответствии с известными уравнениями Кельвина и Фольмера.

Кроме того, некоторые органические добавки могут ускорить процессы гидратации, протекающие в ранней стадии твердения цемента, в результате реакций ионного обмена или комплексообразования (карбоновые кислоты, некоторые амины и вещества со смешанными функциями). Однако обычно из-за адсорбции органических добавок превалируют процессы торможения растворения минеральных вяжущих веществ и возникновения новообразований. Исключения составляют добавки суперпластификаторов, что позволяет вводить их в дозировке, превосходящей принятую для других гидрофилизирующих органических веществ, например лигносульфонатов, без опасения за сильное изменение сроков схватывания и кинетики твердения цемента.

При действии двух и более добавок в сопоставимых количествах сроки схватывания цемента замедляются сильнее, чем при использовании однокомпонентных добавок, однако эффект взаимного усиления замедляющего действия обычно не наблюдается. Если же концентрация одной составляющей (гидрофобизирующей), значительно меньше, чем другой (гидрофилизирующей), то сроки схватывания бетонной смеси определяются в первом приближении количеством последней. Добавки электролитов относятся, как правило, к ускорителям схватывания и твердения вяжущих. Механизм их действия достаточно изучен, известны и основные закономерности действия двух- и многокомпонентных добавок электролитов [3].

При совместном введении органических ПАВ и электролитов удается, варьируя дозировкой, добиваться практически любых реальных сроков схватывания цемента и темпов нарастания ранней прочности бетона [1, 3].

Таким образом, имеется возможность наряду с улучшением реологических свойств смеси управлять кинетикой твердения бетона.

Важное свойство, получаемое при введении добавок-электролитов, — повышение непроницаемости цементного камня в результате смещения кривой распределения пор по размерам влево — в сторону микропор и пор геля. Кроме этого

процесса, обусловленного более интенсивно протекающими процессами гидратации цемента, при введении добавок, содержащих сульфат-, хлорид- или нитрат-ионы, наблюдается микроармирование структуры камня игольчатыми кристаллами двойных солей-гидратов, таких, как гидросульфо-, гидрохлор- или гидронитроалюминатов кальция [3]. При таком микроармировании, приводящем к формированию первичного структурного каркаса, с его последующим обрастанием высокодисперсными гидросиликатами кальция, увеличивается прочность цементного камня и повышается его непроницаемость.

Органические ПАВ, снижая поверхностное натяжение на границе жидкость — газ σ_{21} , вызывают воздухововлечение — особенно сильное при введении гидрофобизирующих веществ, адсорбция которых на вяжущих и новообразованиях — только первый этап, вслед за которым происходит хемосорбция (для некоторых кремнийорганических веществ в результате реакции с гидроксидом кальция наблюдается выделение пузырьков водорода).

Эксперименты [4] свидетельствуют о том, что при одновременном введении двух гидрофобизирующих добавок их воздухововлекающий эффект оказывается практически аддитивным. Поскольку такие добавки применяют в малых дозировках, результат согласуется с представлениями об избирательной бесконкурентной адсорбции на активных центрах зерен цемента и одновременно протекающих процессах хемосорбции на продуктах их гидратации.

Введение с водой затвердения одновременного гидрофобизирующего и гидрофилизирующего веществ, например СНВ и СДБ, незначительно усиливает эффект воздухововлечения по сравнению с действием каждой добавки в отдельности — при концентрации последнего компонента не менее 0,1% массы цемента и к практической аддитивности действия — при меньшей дозировке СДБ, либо ССБ [4].

При таком сочетании добавок удается получить заданное воздухововлечение, величина которого, как и средние размеры пузырьков воздуха и равномерность их распределения в объеме бетона, становится малочувствительной к расходу цемента.

Введение в такие композиции электролитов на 0,4—0,6% уменьшает содержание воздуха в бетоне, обеспечиваемое ПАВ. Поскольку механизм действия электролитов ПАВ, а также уровень структуры цементного камня, на которые они оказывают преимущественное влияние, различны, то комплексные до-

бавки весьма перспективны: при этом удается использовать достоинства всех компонентов — получить более прочные, сложенные высокодисперсными новообразованиями стенки пор при сохранении характера их распределения по радиусам, а также средних размеров пор. Следует также учитывать, что неорганическая составляющая комплексной добавки, повышая прочность цементного камня, в значительной степени компенсирует отрицательное влияние ПАВ на механические показатели бетона.

Практика показала, что комбинация электролита с СНВ и СДБ позволяет существенно повысить морозостойкость, особенно морозосолеустойкость бетона. Так, если при введении ПНХК морозостойкость бетона возрастала в 1,5—2,5 раза, а от СНВ — в 2—3 раза, то при совместном действии двух добавок — в 5—7 раз [3, 5].

Установлено, что положительная роль электролита в составе комплексной добавки проявляется не только в улучшении структуры цементного камня, но и в снижении температуры образования льда и ухудшении его физико-механических свойств [3].

Таким образом, знание механизма действия индивидуальных добавок позволяет подбирать их оптимальные сочетания, обеспечивающие управление технологией производства, кинетикой твердения и структурно-механическими свойствами бетона.

Наиболее целесообразно изготавливать важнейшие комплексные добавки на специализированных предприятиях химической и нефтехимической промышленности, гарантирующих соответствие состава добавки требованиям ТУ или ГОСТа. Однако в связи с многообразием решаемых задач некоторые комплексные добавки можно выпускать и на предприятиях стройиндустрии, а также на стройплощадках. При этом необходимо предусмотреть однородность во времени состава компонентов комплексных добавок для обеспечения стабильности свойств бетонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение суперпластификаторов и комплексных добавок на их основе в производстве железобетонных изделий / В. В. Гусев, В. Б. Ратинов, Е. И. Курапова и др. — Промышленность строительных материалов Москвы, 1980, № 1.
2. Таубе П. Р., Чумаков Ю. М., Ратинов В. Б. Изменение дисперсности цемента при его гидратации в присутствии добавок. — Цемент, 1980, № 11.
3. Ратинов В. Б., Розенберг Т. И. Добавки в бетон. М., Стройиздат, 1973.
4. Ратинов В. Б., Новгородский В. И., Станцель И. И. Исследование влияния комплексных добавок на коррозионную стойкость бетона в среде сельскохозяйственных зданий. — В сб. трудов ЦНИИЭСельстрой, 1977, № 19.
5. Розенберг Т. И., Каплан А. С., Ямбор Я. Я. Механизм действия добавок электролитов на структуру цементного камня и свойства бетона. — Бетон и железобетон, 1977, № 7.

Экономика применения суперпластификаторов

В промышленности сборного железобетона и в монолитном строительстве уже много лет применяются химические добавки (как правило, не дефицитные и дешевые) для ускорения твердения бетона, экономии цемента, повышения долговечности конструкций. Стоимость добавок составляет 8—12 к. на 1 м³ бетона. При снижении расхода цемента на 5—10% или ускорении твердения бетона на 2—3 ч экономия составляет 0,2—1 р/м³. Однако обычные добавки не позволяют существенно улучшить технологию и условия труда [1].

В последние годы осваиваются новые, более совершенные добавки различного назначения, в том числе суперпластификаторы.

Суперпластификаторы тока дефицитны и стоят дорого: наиболее дешевый С-3 — 287 р/т (или 0,9 р/м³ бетона при дозировке 3 кг/м³), отпускная цена добавки на основе меламина еще выше — около 1550 р/т. Следовательно, такие добавки целесообразно применять не просто для снижения расхода цемента на 10—15%, а для резкого улучшения свойств конструкций, для обеспечения комплексного снижения материальных и трудовых затрат. В первую очередь это относится к изготовлению напорных виброгидропрессованных труб.

Так, на ПО «Баррикада» в Ленинграде применение нафталино-формальдегидного суперпластификатора С-3 позволило при существующей технологии формовать трубы из бетонных смесей с О. К-8 ... 10 см. При этом увеличивается срок службы вибраторов, уменьшается износ дорогих форм, снижается трудоемкость производства и потребность в сжатом воздухе, повышается процент классности труб, уменьшаются затраты на ремонт защитного слоя изделий. Расход цемента марки 500 снижается на 40 кг/м³ и появляется возможность заменить часть щебня песком. В результате себестоимость труб диаметром 900 мм даже при неизменной производительности можно снижать на 5—6 р/м³, трудоемкость на 0,8—1 чел.-ч/м³, металлоемкость форм на 5—6 кг/м³ и т. д. Кроме того, введение С-3 позволяет уменьшать шероховатость поверхности труб и тем самым повышать их пропускную способность.

Поскольку далеко не все трубопроводы работают на давление 8—15 атм, в ряде случаев можно применять малонапорные трубы. Целесообразно изучать возможность применения суперпластификатора для перевода обычных безнапорных труб в малонапорные, без напрягаемой арматуры, что позволит увеличить выпуск дефицитных изделий [2].

Очень эффективны суперпластификаторы в бетонах марок М 600 — М 800; по сравнению с бетонами обычных марок в них стоимость несущих конструкций снижается в среднем на 15 р/м³, при этом экономится арматурной стали до 40 кг/м³. Но масштабы применения высокомарочных бетонов сдерживаются трудностью их получения на рядовых цементных, острой дефицитностью цемента марки 600 и сложностью технологии формования.

Сотрудники Украинского института инженеров водного хозяйства провели промышленное формование плит размером 18×3 м, колонн, ферм и арок на предприятиях во Львове и в Броварах и показали возможность получения конструкций из бетона марки М 600 на портландцементе марки 500 из пластичных смесей с введением суперпластификатора С-3. При этом снижается себестоимость продукции на 4—5 р/м³ и создается возможность увеличения выпуска продукции на действующем оборудовании. Бетоны марок М 600—М 700 на цементе марок 500—550 с добавкой С-3 выпускают на предприятиях Минпромстроя БССР и Главкрасноярскстроя [3].

Но общие объемы производства и применения напорных труб и конструкций из бетонов марок М 600—М 800 невелики. Поэтому в ближайшие годы значительную долю суперпластификаторов следует направлять для изготовления указанных конструкций. По мере нарастания выпуска суперпластификаторов основная часть их будет использоваться для изготовления конструкций массового применения из бетона марок М 200—М 400 и в монолитном строительстве, с относительным уменьшением достигаемой экономии в денежном выражении, т. к. эффективность применения суперпластификаторов при производстве массовой продукции марок

М 200—М 400 на поточно-агрегатных и конвейерных линиях колеблется в пределах от 0,3 р/м³ до 8—10 р. на 1 м³ (в зависимости от местных условий, технологии и задач, решаемых предприятием). Максимальный эффект обеспечивается при увеличении выпуска продукции на действующем производстве без его реконструкции вследствие возможности формования из пластичных смесей с одновременным ускорением тепловой обработки (в частности, ускорение оборачиваемости кассет). Расчеты, выполненные для реконструируемых конвейеров на Ростокинском заводе ДСК-1 (Москва), показали, что если с помощью С-3 ускорить ритм работы линий в 1,5 раза с одинаковым ускорением работы камер, то себестоимость панелей внутренних стен можно снизить на 3,2 р/м³ без перерасхода цемента. Однако заводы далеко не всегда заинтересованы в увеличении выпуска продукции.

Опыт Клинского комбината строительных материалов, применившего в опытном порядке С-3, показал, что при неизменном уровне выпуска продукции только за счет экономии цемента и некоторого снижения износа оборудования себестоимость ее может быть снижена в среднем на 0,3—1 р/м³.

Работа, проведенная на заводе железобетонных изделий и конструкций Череповецметаллургхимстроя при изготовлении панелей внутренних стен, вентиляционных блоков, ригелей, колонн и т. д., показала, что, применяя С-3, можно заменять портландцемент шлакопортландцементом более низкой марки, а привозной щебень — дешевым местным гравием (разница в стоимости 4,15 р/м³).

В этом случае экономия может быть 1,3—6,3 р/м³. А если еще увеличить выпуск продукции, в чем предприятие может быть заинтересовано, то экономия может достигнуть 2,5—10 р/м³ (в среднем 4 р/м³).

Одной из особенностей суперпластификаторов является возможность перехода с их применением на литьевую технологию, исключающую вибрацию. Опыт, проведенный на ПО «Баррикада», показал, что при формировании свай стеновым способом денежная экономия мала, но зато в 2 раза повышается производительность труда, что позволяет уменьшить бригаду формовщиков на 7 человек.

Использование дорогих меламиновых суперпластификаторов при изготовлении плит, панелей, линейных изделий из бетонов марок М 200—М 400 пока денежной экономии не дает даже при увеличении выпуска продукции.

Опыт кассетного производства панелей на Свердловском заводе им. Ленинского комсомола показал, что введение добавки МФАС-Р-100 позволяет снизить расход цемента на 40—50 кг/м³, и вследствие ускорения времени укладки бетонной смеси и тепловой обработки повысить оборачиваемость кассет в среднем до 1,3 об/сут вместо одного, уменьшить состав формовочных рабочих бригад на одного человека в смену, несколько снизить расход энергии и себестоимость панелей. Если же увеличения выпуска продукции не требуется, то при существующей стоимости МФАС себестоимость указанных изделий при любой технологии увеличивается.

Но эффективность меламиновых добавок возрастает, когда удается повысить качество конструкций или применять более дешевые материалы. Эксперименты показали, что с помощью МФАС можно получать бетоны марки М600 на цементе марки 500 вместо 600 и при том же его расходе. Работы, выполненные на одном из заводов ЖБИ, показали, что с помощью этой добавки удалось повысить марку бетона в колоннах с М400 до М500, снизив расход арматуры на 80 кг/м³. Экономия составила около 10 р/м³ при стоимости 3,4—3,9 р/м³. По расчетам ВНИИЖелезобетона, маламинный суперпластификатор 10-03 позволяет снижать себестоимость напорных труб примерно на 2,5 р/м³.

Дефицитность и дороговизна суперпластификаторов дополняется еще и тем, что их свойства пока не полностью отвечают необходимым требованиям. Например, пока нельзя отказаться от последующей отделки поверхности изделий, поэтому представляет интерес работа по созданию более дешевых, хотя и более слабых добавок, в частности комплексных модификаторов, стоимость которых в зависимости от состава колеблется от 80 до 140 р/т, или 0,4—0,5 р/м³.

Стоимость комплексного порошкообразного модификатора бетона (КМБ) «Промопласт» на основе С-3 составляет 290 р/т. Предварительные данные показывают, что, применяя КМБ в напорных трубах и высокопрочных бетонах, можно получить примерно такой же эффект, как и от суперпластификатора, хотя доля С-3 в составе этого модификатора не превышает 50%.

Расчеты эффективности применения добавок в монолитном бетоне в НИИЖБ почти не выполнялись. Эффект заключается в основном в резком снижении затрат при литьевой технологии, поэтому даже дорогие меламиновые добавки применяются за рубежом

главным образом в монолитном строительстве. Но существенный эффект можно получить на улучшенных пластификаторах. Так, применение добавки КОМД-С при бетонировании стен инженерного сооружения в Москве позволило уменьшить состав бригады на 2 человека, снизить трудозатраты на 1,5 чел.-ч/м³, ускорить бетонирование на 7%, снизить расход цемента на 26 кг/м³ и стоимость бетона в деле на 2,43 р/м.

Особенно увеличивается экономический эффект, когда введение добавки позволяет повышать долговечность конструкций. Но ведь долговечность может быть обеспечена и с помощью самых обычных добавок, особенно в монолитном строительстве. Выполненные в НИИЖБ расчеты показали, что введение СДБ в бетон конструкций Шамхорской ГЭС позволяет при увеличении морозостойкости в 2 раза снизить расход цемента на 50 кг/м³ и приведенные затраты на 2,45 р/м³ при стоимости добавки 8 к/м³. Внедрение предложения НИИЖБ использовать местный щебень, получаемый дроблением пород, извлекаемых при проходке тоннелей на БАМе, позволило при введении композиции СНВ и СДБ (стоимостью 0,14 р/м³) получить бетон требуемой морозостойкости и обеспечить экономию 4,9—6,25 р/м³ по сравнению с привозным щебнем.

В настоящее время в стране серьезное внимание уделяется вопросам экономии энергии. На изготовление 1 т портландцемента марки 400 с минеральными добавками затрачивается 190 кг условного топлива. Снижение расхода цемента в бетоне марки М200 на 10% при введении химических добавок позволяет экономить 6 кг условного топлива на 1 м³ бетона [4]. Ускорение оборачиваемости форм при сокращении длительности тепловой обработки на 3 ч позволяет снизить удельную металлоемкость форм на 2—4 кг/м³ и уменьшить затраты энергии на выплавку стали и прокат на 3,5—5 кг условного топлива на 1 м³ годовой продукции.

Отказ от вибрации при формовании позволяет сэкономить 3,5 кВт·ч/м³. Расход условного топлива на пропаривание составляет 31—36 кг/м³. В связи с этим представляет интерес возможность полного отказа от тепловой обработки или снижения температуры прогрева до 40—50°C без увеличения расхода цемента и удлинения оборачиваемости форм и кассет. В принципе это возможно, что может позволить уменьшать расход энергии на 20—35% [5].

Не следует забывать, что применение суперпластификаторов и схожих с ними добавок и переход на литье смеси потребует изменений и самой техноло-

гии. Не все предприятия готовы к приему и применению добавок. Необходимо обеспечить герметичность форм, кассет, смесителей; а также обратить внимание на технику безопасности. Иначе следует решать вопросы доставки смеси к месту бетонирования, ее укладки и уплотнения, менять технологические режимы. В частности, уже сейчас думать о возможности замены энергоемких вибраторов более слабыми и менее шумными. Уменьшение уровня вибрации позволит создать облегченные формы или удлинить срок службы существующих. Применение этих добавок даст не только большой экономический эффект, но и существенно улучшит условия труда формовщиков и бетонщиков, отпадет необходимость выполнения ряда тяжелых ручных операций, ликвидируются профессиональные заболевания. Все это вместе взятое улучшит условия труда, снизит текучесть кадров, что позволит повысить квалификацию рабочих, производительность труда и качество продукции.

Некоторые специалисты считают возможным создание локальных установок для приготовления добавок (в частности, лигносульфонатов), но это можно рассматривать только как временную меру. Добавки, в том числе суперпластификаторы, должны поставляться централизованно, только при этом может быть обеспечено их качество.

Технико-экономическая оценка эффективности и выявление рациональных областей применения химических добавок нередко затруднены вследствие отсутствия соответствующей методики, поскольку действующие инструкции не учитывают особенностей расчетов при применении добавок. В НИИЖБ разработана методика технико-экономической оценки применения химических добавок в бетоне с примерами расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цыганков И. И. Эффективность и рациональные области применения суперпластификаторов. В сб. НИИЖБ Бетоны с эффективными суперпластификаторами. М., 1978.
2. Цыганков И. И. Технико-экономическая эффективность использования химических добавок в бетонах сборных изделий. В сб.: Задачи заводской лаборатории в повышении качества бетона сборных изделий. МДНТИ, М., 1978.
3. Рыжковский Н. Д. и др. Применение суперпластификатора С-3 при изготовлении высокопрочных бетонов. Тезисы докладов Всесоюзной конференции по химическим добавкам в Вильнюсе. М., 1981.
4. Малинина Л. А. Снижение энергозатрат при производстве сборного железобетона за счет рационального выбора цемента. В сб.: Пути снижения энергозатрат в промышленности сборного железобетона. МДНТИ, М., 1981.
5. Рапопорт Б. Е. и др. Применение комплексных добавок для снижения энергоемкости производства сборного железобетона. В сб.: Повышение качества и эффективности изготовления бетонных и железобетонных конструкций за счет химических добавок. Тезисы докладов Всесоюзной конференции (г. Вильнюс, 22—24 апр. 1981 г.) НТО Стройиндустрия, М., 1981.

Применение добавок для улучшения технологии и свойств легких бетонов

Химические добавки все более широко применяются при производстве изделий и конструкций из легких бетонов на пористых заполнителях. Если в 1975 г. с использованием добавок работало 56% всех заводов, выпускающих легкобетонные изделия, то в 1980 г. доля таких предприятий возросла до 65%. Общий объем легкобетонных изделий, изготовленных с применением добавок, за годы десятой пятилетки возрос на 30% и составил в 1980 г. более 10 млн. м³.

Более 85% всех легкобетонных изделий составляют наружные стеновые панели и крупные блоки, изготавливаемые из конструкционно-теплоизоляционных легких марок М50—М100. Применение химических добавок — регуляторов структуры стало неотъемлемой частью технологии их производства [1, 2].

Воздухововлекающие добавки получили наибольшее распространение, в 1980 г. они применялись почти на 250 заводах с общим годовым объемом производства более 8 млн. м³. За счет поризации растворной составляющей низкомарочных легких бетонов пониженной объемной массы, содержащих ограниченное количество цементного теста и мелкого заполнителя, воздухововлекающие добавки дали возможность получать изделия со слитной и однородной структурой, исключающей возможность коррозии арматуры и увлажнения под действием атмосферных осадков. Резко повышается удобоукладываемость смеси и предупреждается ее расслаиваемость, сокращается продолжительность и трудоемкость формирования изделий, ликвидируются применение пригруза и интенсивной вибрации, а также нижние фактурные слои. Объемная масса бетона снижается на 50—150 кг/м³, для приготовления легкого бетона заданной объемной массы используется крупный заполнитель повышенной объемной массы или обычный строительный песок; уменьшается расход пористых песков (керамзитового, перлитового) или зол ТЭС с соответствующим снижением водопотребности смеси, улучшением деформативных, теплофизических свойств и морозостойкости бетона.

Экономический эффект от применения воздухововлекающих добавок в зависимости от целей их введения, цен на сырье, технологических режимов и составов бетона колеблется от 0,5 до 6 р/м³. Особенно эффективны воздухововлекающие добавки в сочетании с золами ТЭС, что подтверждает трехлетний опыт работы Бескудниковского комбината в Москве.

Объем вовлеченного воздуха в легкобетонных смесях низких марок составляет от 3 до 15%. Физико-механические свойства бетонов с таким содержанием воздуха отвечают нормативным требованиям для бетонов плотной структуры. В этом отличие легких бетонов с воздухововлекающими добавками, обязательно содержащих в своем составе мелкий заполнитель (пористый или плотный) от беспесчаных поризованных бетонов на основе пено- или газообразователей [3]. Исследования показали, что объем воздухововлечения зависит не только от вида и расхода добавки, но и от гранулометрии, формы зерен и объемной массы пористого заполнителя, состава бетона, длительности и интенсивности перемешивания, консистенции и температуры смеси.

Для получения стабильных качеств бетона при применении воздухововлекающих добавок важно не только обеспечить требуемый объем воздухововлечения после перемешивания смеси, но и сохранить его в процессе транспортирования и укладки. Помимо технологических приемов (исключение перегрузок и падений с большой высоты) для этого необходимо применять заполнители с максимальным содержанием пылевидных фракций (по действующим стандартам), экранирующих вместе с зернами цемента вовлеченный воздух, и использовать добавки, отличающиеся максимальной воздухоудерживающей способностью — вовлекающие воздух в виде наиболее кинетически стойких мелких пузырьков.

Именно таким условиям удовлетворяет разработанная ВНИИЖелезобетоном и ЦНИИЛХИ новая воздухововлекающая добавка СДО (смола древесная омыленная), массовое производство которой по ТУ 81-05-2-78 освоено на Ветлужском, Сясьском, Свалевском и Перечин-

ском лесохимических комбинатах с суммарным годовым объемом более 3000 т. Расход этой добавки для керамзитобетона составляет 0,1—0,3% массы цемента. Однако он возрастает в 2—3 раза при приготовлении шлакопемзобетона, легких бетонов на золах ТЭС. Увеличенный расход добавок не отражается на конечных свойствах бетона, но несколько замедляет темп его твердения.

Поскольку воздухововлекающие добавки существенно улучшают технологию и свойства конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов, применение в них других видов добавок-ускорителей, пластификаторов, гидрофобизаторов и др. становится нецелесообразным. Так, пластификация легких бетонов плотной структуры на пористых песках может снизить расход воды на 10—15%, а поризация воздухововлекающими добавками за счет уменьшения расхода водопотребного песка не только понижает объемную массу бетона и его стоимость, но и снижает расход воды на 20—30%. Также нецелесообразно подвергать гидрофобизации бетоны неплотной структуры, которые являются абсолютно водопроницаемыми. В то же время в ряде случаев целесообразно сочетать указанные добавки со структурообразующими (для повышения долговечности, снижения отпускной и сорбционной влажности, ускорения твердения и т. п.), если их введение не препятствует поризации растворной составляющей легкобетонной смеси.

Исследования ВНИИЖелезобетона и НИИЖБ позволили установить эффективность применения в конструкционно-теплоизоляционных легких бетонах ингибиторов NaNO_2 и др., повышающих коррозионную стойкость арматуры.

Применение химических добавок для конструкционных легких бетонов марок М150—М400 не имеет принципиальных отличий по сравнению с тяжелыми бетонами. Здесь могут использоваться добавки всех классов, улучшающие реологические свойства бетонных смесей, уменьшающие время твердения бетона, увеличивающие его долговечность. На практике в небольших объемах применяют лишь пластифицирующие добавки типа СДБ и ССБ.

В МИСИ им. Куйбышева, НИИЖБ, ВНИИЖелезобетоне, ТашЗНИИЭП, ХИИТе и других организациях выполнены исследования, показавшие эффективность добавок суперпластификаторов С-3, 10-03 и др. для конструкционных легких бетонов.

При использовании добавок для конструкционных легких бетонов необходимо учитывать, что их прочность в значительной степени зависит от прочности и количества пористого заполнителя.

Если введение добавок оказывает пластифицирующее действие — уменьшает расход воды или увеличивает прочность цементного камня при неизменном C/B , то для тяжелого бетона эффект от введения добавок может быть установлен по формулам, выведенным из общеизвестных зависимостей $R_6 = f(I/B, R_u)$:

$$\frac{R_{6_1}}{R_{6_2}} = \frac{K_2 (C - 0,5 K_1 B)}{K_1 (C - 0,5 B)} \quad (1)$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{K_1 (R_6 + 0,25 K_2 R_u)}{K_2 (R_6 + 0,25 R_u)} \quad (2)$$

где R_{6_2} , C_2 — прочность бетона при данном расходе цемента (C) или расход цемента для получения требуемой прочности (R_6) с добавкой; R_{6_1} и C_1 — то же, без добавки; B — расход воды в бетоне без добавки; R_u — активность цемента; K_1 и K_2 — соответственно отношение водопотребности смеси и прочности цементного камня с добавкой и без.

Для легкого бетона эти выражения сложнее. Так, для керамзитобетона на основе формулы его прочности (4) эффективность снижения расхода цемента при введении добавок можно определить следующим образом:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{K_1 (R_6^2 + a R_6 + b + 0,5 c K_2 R_u)}{K_2 (R_6^2 + a R_6 + b + 0,5 c R_u)} \quad (3)$$

где все обозначения те же, что и в формуле (2), а величины коэффициентов при $\varphi = 0,4$ приведены в таблице.

Анализ уравнений показывает, что если прочность тяжелого бетона за счет

Прочность керамзита в цилиндре, кгс/см ²	Значение коэффициентов		
	a	b	c
25	24	144	57
35	16	64	90
60	-21	-108	160

введения добавок повышается на 30%, то прочность керамзитобетона увеличится на 10—15% (тем больше, чем выше прочность керамзита по отношению к прочности растворной составляющей). При повышении прочности тяжелого бетона в 1,5 раза прочность керамзитобетона повышается на 17—26%. Этот эффект не зависит от того, за счет чего получен прирост прочности — за счет уменьшения B/C вследствие пластифицирующего ($K_1 < 1$) эффекта или упрочнения цементного камня ($K_2 > 1$).

В то же время эффективность применения добавок для снижения расхода цемента в конструкционном керамзитобетоне по сравнению с равнопрочным тяжелым бетоном будет такой же (при $K_2 > 1$) или большей (при $K_2 > 1$). Так, если эффект от пластификации обеспечивает снижение расхода воды на 15% ($K_1 = 0,85$), а эффект от повышения прочности цементного камня равен 20% ($K_2 = 1,2$), то для бетона марки М200 расход цемента в тяжелом бетоне снижается на 24%, а в керамзитобетоне на 25—27%, и тем больше, чем ниже прочность керамзита.

При применении суперпластификато-

ров легкобетонные смеси повышенной подвижности имеют склонность к расслоению. Такое явление может быть объяснено на основе формулы Пуазейля, которая применительно к процессу расслоения легкобетонной смеси имеет следующий вид [4]:

$$S = \frac{m \Delta \gamma t d_{cp} \delta}{\eta_p} \quad (4)$$

где m — эмпирический коэффициент; $\Delta \gamma$ — разность между объемной массой пористого заполнителя и растворной составляющей; t — время укладки; d_{cp} — средний диаметр пористого заполнителя; δ — толщина обмазки раствором зерен заполнителя; η_p — вязкость растворной составляющей. При разжижении бетонной смеси вязкость уменьшается, а расслаиваемость (S) увеличивается. Для предупреждения этого явления необходимо снижать крупность заполнителя (уменьшение d_{cp} и δ), вводить в состав растворной составляющей пористый песок (уменьшение $\Delta \gamma$). Опыт формирования объемных элементов из высокоподвижных смесей подтверждает действенность подобных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по изготовлению конструкций и изделий из бетонов, приготовляемых на пористых заполнителях (СН 483-76). М., Стройиздат, 1977.
2. Руководство по заводской технологии изготовления наружных стеновых панелей из легких бетонов на пористых заполнителях. М., Стройиздат, 1980.
3. Бужевич Г. А. и др. Поризованный керамзитобетон. М., Стройиздат, 1969.
4. Довжик В. Г., Дорф В. А., Петров В. П. Технология высокопрочного керамзитобетона. М., Стройиздат, 1976.

УДК 688.97.015:666.972.16

Б. А. КРЫЛОВ, д-р техн. наук, проф.;
Н. А. КОРОЛЕВ, Т. Н. ЗИНОВЬЕВА, инженеры (НИИЖБ)

Повышение прочности и интенсификация твердения бетона введением добавок

Наиболее эффективным методом интенсификации твердения бетона в настоящее время является тепловая обработка, энергозатраты при которой подчас весьма существенны. Это заставляет искать пути ускорения твердения бетона, и одним из них является использование химических добавок. Так, введение в бетон сернокислого натрия в количестве 0,5—2% массы цемента примерно на 20% сокращает время выдерживания бетона до достижения требуемой прочности. В последние годы получили

распространение комплексные добавки НИЖК и ПЖК. Их можно применять и в железобетонных конструкциях, хотя первая содержит хлор-ион, однако коррозии арматуры не вызывает. И все же используемые в практике добавки — ускорители твердения еще недостаточно эффективны и в полной мере не удовлетворяют производителей.

Исследования, проведенные НИИЖБ и Красноярским Промстройинипроектом, показали, что более целесообразно использование комбинированного мето-

да ускорения твердения бетона, при котором перед ТВО вводят небольшое количество добавок. При таком методе выдерживания бетона в качестве добавок применяют ускорители твердения, пластификаторы и комплексные добавки (например, адипинат натрия и нитрат кальция — ПАЩ-1+ПК и др.).

Прогрев бетона с добавками целесообразно проводить при возведении железобетонных конструкций в зимнее время. Для этой цели удобны противоморозные добавки, являющиеся одновременно и

ускорителями твердения (ННК и ННХК), введение которых дает возможность избежать замерзания бетона до начала прогрева, в том числе во время транспортировки, а в процессе прогрева ускоряют его твердение.

Эффективность действия добавок оценивали по изменению сроков схватывания цементного теста и прочности бетона на сжатие. Исследования показали, что введение 3% добавок (массы цемента) обеспечило наибольший прирост прочности при прогреве бетона в интервале температур $+0\text{—}80^\circ\text{C}$. Изучением влияния добавок на прочностные свойства бетона установлено, что ТВО можно осуществлять при температуре 40°C и получать необходимую прочность бетона практически в те же сроки, что и при 80°C (см. рисунок). Это позволяет существенно сократить энергозатраты на эту наиболее энергоемкую технологическую операцию.

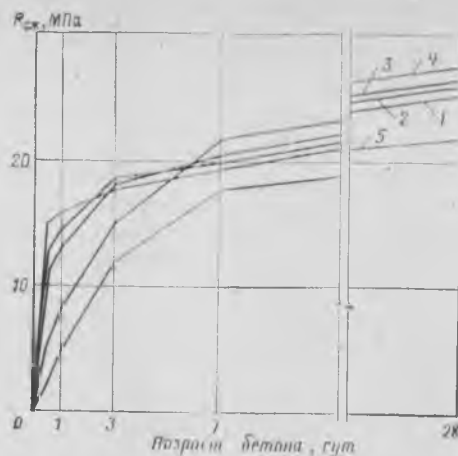
Интенсифицирующее действие ННК и ННХК на процесс твердения бетона объясняется их взаимодействием с минералами портландцементного клинкера и продуктами гидратации с образованием труднорастворимых соединений, гидроксисолей и двойных солей гидратов [1]. Повышение температуры увеличивает скорость растворения или зависимость от нее линейную скорость роста кристаллов и способствует таким образом ускорению твердения [2].

Введение в бетон добавок — ускорителей твердения при ТВО значительно интенсифицирует набор прочности, способствует созданию более плотной структуры, а также дает возможность сократить продолжительность периода изотермического выдерживания (табл. 1). Полученные данные свидетельствуют о том, что относительный прирост прочности бетона с добавками ННК и ННХК более высок при коротких режимах ТВО.

Введение в бетон добавок-электролитов снижает его электрическое сопротивление, позволяет проводить электротермообработку при пониженном напряжении, что является важным преимуществом с точки зрения техники безопасности.

Интенсифицировать твердение бетона при ТВО можно и введением добавок — суперпластификаторов, снижающих водосодержание. Адсорбируясь на поверхности цементных частиц, они вызывают сильную дезагрегацию зерен цемента и усиливают процессы гидратации вяжущего [3]. Уменьшение же количества воды затворения способствует уплотнению структуры геля.

Эффективность действия пластификатора на прочность бетона ($O. K. = 3$ см) наглядно видно из табл. 2. Введение



Рост прочности бетона с добавкой 3% ННХК в зависимости от условий выдерживания
1 — 80°C ; 2 — 60°C ; 3 — 40°C ; 4 — нормальное хранение; 5 — то же, без добавки

добавки ДБ-2 в количестве всего 0,175% массы цемента в 1,5 раза повышает прочность бетона при сжатии.

Применение высокоэффективных добавок-пластификаторов позволяет получать сразу после ТВО бетон с высокой прочностью, которая заметно возрастает к 28 сут без увеличения расхода цемента. При этом появляется возможность осуществлять ТВО при пони-

Таблица 1

Режим ТВО, ч	Вид добавки	$R_{сж}$, МПа, в возрасте		
		4 ч	3 сут	28 сут
0+2+8+2	—	9	17,5	24,7
	ННХК	14	19,5	29,7
	ННК	12,5	18,4	29
0+2+4+2	—	6,4	14,3	22,1
	ННХК	11,2	18,2	27
	ННК	10	16,8	26,8

Таблица 2

Условия выдерживания	Расход цемента, кг/м ³	В/Ц	Количество добавки, % от массы цемента	$R_{сж}$, МПа, в возрасте			
				4 ч	3 сут	7 сут	28 сут
Нормальные	350	0,55 0,41	0,175	—	33	21,3 40,2	32 51
ТВО по режиму 2+3+6+2 ч ($t=80^\circ\text{C}$)	350	0,55 0,41	0,175	22 34,5	—	—	30,5 48

Таблица 3

Расход цемента, кг/м ³	Количество добавки ПАЩ-1+ННК, % массы цемента	В/Ц	Консистенция смеси	Режим ТВО, ч	$R_{сж}$, МПа, в возрасте	
					4 ч	28 сут
350	—	0,55	4,5/8*	2+3+6+2	19,8	30,5
340	0,32+0,04	0,487	3/8	2+3+6+2	23,1	36
340	0,32+0,04	0,487	3/8	2+2+6+2**	20,2	37,1
325	0,32+0,04	0,487	3/8	2+3+6+2	19,7	30,1

* Перед чертой $O. K.$, см.; после черты — Ж, с.

** Температура изотермического выдерживания 60°C , в остальных случаях — 80°C .

мического прогрева не менее чем на 20°C при неизменной продолжительности режима (табл. 3) или для экономии 8—10% цемента. Введение комплексной добавки приводит к дополнительному вовлечению 2—4% воздуха в бетонную смесь. Это улучшает свойства бетонной смеси, повышает нерасслаиваемость и однородность, а также увеличивает на 2—4 марки морозостойкость и на 1,5—2 марки водонепроницаемость затвердевшего бетона. Аналогичные результаты получены при одновременном использовании с добавкой ПАЩ-1 в небольших количествах тринатрийфосфата, хлорида кальция, сульфата натрия. Основное преимущество комплексных добавок на основе ПАЩ заключается в значительном снижении расхода довольно дефицитных ускорителей твердения и низкой стоимости добавки (0,02—0,07 р. на 1 м³ бетона), поскольку стоимость 1 т ПАЩ-1 составляет 25 р., а НК — 70 р.

В тех случаях, когда на заводах ЖБИ не требуется сокращения режима ТВО, целесообразно применять эти добавки для снижения температуры прогрева с целью экономии примерно 30% энергии, идущей на ТВО. Низкотемпературный прогрев по сравнению с ТВО при 80°C и выше позволяет, кроме того, получать бетон более высокого качества, так как основные процессы, вызывающие нежелательные деструктивные явления, особенно интенсивно протекают при температуре, превышающей 60°C. Как показали исследования, бетон, прогретый при температуре 60°C вместо 80°C, характеризуется меньшей интегральной пористостью и средним размером пор, что способствует формированию более плотной структуры и улучшению его физико-механических свойств.

В последние годы на многих предприятиях страны с применением комбинированного метода интенсификации тверде-

ния бетона изготовлено большое количество сборных железобетонных изделий, возведены монолитные конструкции и сооружения. Это дает основание оценить экономическую эффективность метода и рекомендовать его для широкого применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенберг Т. И., Токарь Б. В., Мамедов А. А. Исследование процессов твердения бетонов с комплексными добавками при температуре ниже 0°C. — В сб. материалов II Международного симпозиума по зимнему бетонированию. М., Стройиздат, 1975.
2. Софронов В. С. К вопросу интенсификации процессов кристаллизации при получении искусственных камней. — В сб.: Управляемое структурообразование в производстве строительных материалов. Киев, Будівельник, 1968.
3. Добавка для бетонных смесей — суперпластификатор С-3/Ф. М. Иванов, В. М. Москвин, В. Г. Батраков и др. — Бетон и железобетон, 1978, № 10.

УДК 691.327:666.9-16:666.972.16

А. А. КОМАР, инж. (МИСИ); Ш. Т. БАБАЕВ, канд. техн. наук (ВНИИЖелезобетон)

Комплексные добавки для высокопрочного бетона

Перспективное направление совершенствования и интенсификации технологии производства сборного железобетона — применение высокоэффективных химических добавок для получения бетона с улучшенными физико-техническими свойствами. Суперпластификаторы позволяют сократить расход воды затворения на 20—30% без снижения удобоукладываемости бетонной смеси, что наиболее выгодно при изготовлении высокопрочных бетонов [1]. Особенно эффективным оказалось сочетание суперпластификатора «10-03» (сульфированный продукт конденсации меламина с формальдегидом) с электролитами — ускорителями твердения.

Авторы изучили влияние двухкомпонентной КД-1 («10-03» + ускоряющий компонент) и трехкомпонентной КД-2 («10-03» + ускоряющий и регулирующий сроки схватывания компоненты) комплексных добавок (стоимость 1 т КД — 650—700 р.) на структурообразование и деформативные свойства высокопрочного

бетона. Для опытов использовали протландцемент марки М 500 Старооскольского цементного завода, песок с $M_{кр}=2,34$ и гранитный щебень крупностью 5—20 мм. Цементное тесто и бетонные смеси приготавливали как при одинаковом составе, так и при постоянной удобоукладываемости. Расход цемента — 450 кг/м³; $B/C=0,42$ для бетонной смеси без добавки и с КД одинакового состава; $B/C=0,3$ для изопластичной смеси по отношению к составу без добавки. Удобоукладываемость изопластичных смесей — 8—12 с по техническому вискозиметру, О. К. = 24 см при $B/C=0,42$.

Кубиковую прочность бетонов определяли на образцах — кубках с ребром 10 см; призмную прочность, прочность при изгибе и деформации — на призмах размером 10×10×40 см. Введение добавок КД-1 и КД-2 при сохранении заданной удобоукладываемости снизило водопотребность бетонных смесей на 29%. Наличие комплексных добавок как при оди-

наковом значении B/C , так и с редуцированием воды, существенно изменяет структурообразование цементного теста, заключающееся в значительном сокращении периода формирования структуры и увеличении скорости нарастания пластической прочности.

Данные нарастания прочности бетона в зависимости от времени изотермического прогрева подтвердили предположение об эффективности использования КД.

При этом установлено, что для получения одинаковой прочности (например, 30 МПа) введение КД сокращает время изотермического прогрева на 2—2,5 ч, а при сниженном расходе воды затворения — более чем в 3 раза.

Для исследований использовали методы рентгеновского и термографического анализов и сканирующей электронной микроскопии образцов из цементного камня без добавки и с комплексными добавками. В результате установлено, что количество химически связанной воды у образцов с добавками КД-1 и КД-2

при неизменном B/C в возрасте 28 сут больше (117,47%), чем у контрольного (15,3%), а при сокращенном расходе воды количество химически связанной воды равно 14,5% и, следовательно, степень гидратации алита в цементе несколько ниже (58,3%).

Цементный камень с комплексными добавками при постоянном значении B/C отличается увеличением степени гидратации алита до 70,5% (у контрольных 67,8%). Повышение степени гидратации и химически связанной воды в образцах с КД объясняется, по-видимому, диспергирующим действием «10-03» на микроагрегаты цемента и созданием благоприятных условий для более полной реализации его вяжущих свойств. Эти данные хорошо согласуются с электронно-микроскопическими исследованиями.

Результаты ртутной порометрии показали, что образцы с КД отличаются преобладанием пор с размерами до 1000 Å и снижением доли капиллярной пористости более чем в 2 раза. В образцах с уменьшенным расходом воды общий объем капиллярных пор по сравнению с контрольным образцом снижается почти на порядок, при этом значительно увеличивается объем гелевых пор. Это проявляется и на прочностных показателях бетона при различных сроках твердения (табл. 1). Из анализа следует, что даже при одинаковой степени гидратации алита в цементе предел прочности образцов с КД и ННХК при неизменном значении B/C несколько выше, чем прочностные показатели образцов без добавки. Это связано с длительным односторонним влиянием компонентов КД на силикатные фазы цемента [2] и углублением степени их гидратации, обеспечивающей более стабильный набор прочности бетона в поздние сроки твердения. Прочность бетона с добавками равного состава при сжатии и изгибе в возрасте 28 сут на 10—12% выше, чем у контрольного образца. Коэффициент прироста прочности равен 0,79—0,82. В более поздние сроки отличия прочностей бетонов без добавки и с добавками равного состава уменьшается и к 180 сут прочность оказывается практически одинаковой. Существенное повышение прочности наблюдается у бетонов с уменьшенным расходом воды (составы № 5 и 6 табл. 1). Прирост прочности в этих бетонах сразу после пропаривания по сравнению с контрольным составил 90—94%. Коэффициент использования цемента в высокопрочных бетонах в возрасте 28 сут составил 2,2—2,26.

Результаты кратковременных испытаний бетона на сжатие, проведенные на электрогидравлической установке МТС-

Таблица 1

№ состава	Вид добавки	$R_{сж}$, МПа, в возрасте, сут				$R_{и}$, МПа, в возрасте, сут		$R_{пр}$, МПа, в возрасте, сут		$E \cdot 10^4$, МПа, в возрасте, сут	
		1	28	90	180	28	90	28	90	28	90
1	—	32,4	52,4	57,5	62,3	5,8	6,3	41,4	43,8	3,8	4,0
2	ННХК	38,5	56,8	58,5	63,8	6,2	6,7	47,2	48,7	3,7	4,1
3	КД-1	36,8	58	60,7	62,4	5,9	6,4	49,8	51,4	4	4,3
4	КД-2	35,7	57,2	61	63,3	6,3	6,5	48,3	50,8	4,2	4,4
5	КД-1	72,8	102,8	109,4	110,6	11,9	12	87,7	94,6	5,2	5,4
6	КД-2	67,4	102	105,2	108	10,8	11,7	86,1	93,8	4,9	5,2

Примечание. Режим ТВО составов № 5 и 6 — 1+2+2+2 ч при $t = 60^\circ\text{C}$, остальных — 2+2+4+2 ч.

801.04, при постоянной скорости деформирования (0,01 мм/с) показали, что у высокопрочных бетонов с КД отмечается повышение упругих деформаций в 1,32 раза и снижение пластических деформаций в 1,84 раза. Эти характеристики почти одинаковы для бетонов без добавки и с добавками КД равного состава.

Были проведены также дилатометрические исследования растворной части бетонов для объяснения действия КД на модифицирование поровой структуры, изменяющие физико-механические свойства бетона. В образцах с КД независимо от B/C изменялись характер и направление кривых зависимости деформаций растворной части бетонов от отрицательной температуры. В кривых низкотемпературной деформации образцов с КД отсутствует объемное расширение при температурах $(-8) - (-10)^\circ\text{C}$, что связано с изменением характера поровой структуры образцов. Наличие электролита, длительно сохраняющегося в порах бетона, снижает температуру замораживания воды в капиллярных порах, участвующих во влагопереносе [3]. Полученные данные позволяют считать эффективным использование КД для улучшения свойств бетонов, эксплуатируемых в суровых климатических условиях.

Дальнейшие исследования проведены для установления оптимальных режимов пропаривания высокопрочных бетонов, при которых деструктивные процессы должны сводиться к минимуму, т. е. для обеспечения условия $R_6^{пр} \geq R_6^т (R_6^{пр}, R_6^т)$ — прочность бетона после ТВО и нормального твердения).

Для получения исчерпывающей информации об изменении кубиковой прочности бетона с КД был реализован четырехфакторный план второго порядка с привлечением всех факторов, влияющих на ускоренное твердение бетона. При этом время предварительного выдерживания отформованных образцов составляло 0—3 ч; скорость подъема температуры 10—30°C/ч; температура изотермического прогрева 40—80°C в течение 0—6 ч. Образцы испытывали через 4 ч после пропаривания и в возрасте 28 сут нормально-

го твердения после ТВО. Одновременно следовали контрольные образцы. Анализ экспериментальных данных показал, что наибольшее влияние на кубиковую прочность высокопрочного бетона оказывает температура изотермического прогрева. В возрасте 28 сут она изменялась в пределах 84—107 МПа. Из табл. 2 следует, что использование КД в технологии производства высокопрочного бетона позволяет рекомендовать сокращенные режимы пропаривания при более низкой температуре изотермического прогрева (до 60°C), обеспечивающей требования поставленных условий, а в некоторых случаях удается отказаться от ТВО, что снижает энергозатраты.

Таблица 2

Вид добавки	$R_{сж}$, МПа, при			
	нормальное твердение	пропаривании, °C		
		40	60	80
—	10,5/54,8*	33,8/56,2	30,9/54,5	40,6/52
КД-1	44,9/95,6	52,4/99,2	67,3/104	72,6/92,5
КД-2	42,7/92,4	53,5/98,4	60,7/102	69,3/89

* Перед чертой — 1 сут, после черты — 28 сут; в остальных случаях: перед чертой 1 ч, после черты — 28 сут. Для состава без добавки $t_{пр} = 4...6$ ч, с КД — 2—4 ч.

Выводы

Для интенсификации твердения изделий и конструкций и достижения максимального эффекта от применения суперпластификаторов целесообразно их сочетание с ускорителями твердения. Использование КД снижает водопотребность бетонных смесей до 28—30%, ускоряет твердение бетона, повышает его прочность, позволяет сократить сроки ТВО при относительно низких температурах изотермического прогрева, а в некоторых случаях отказаться от ТВО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высокопрочный бетон на основе суперпластификаторов/Ю. М. Баженов, Ш. Т. Бабаев, А. И. Груз и др. — Строительные материалы, 1978, № 9.
2. Ратнов В. Б., Розенберг Т. И. Добавки в бетон. М., Стройиздат, 1973.
3. Розенберг Т. И., Каплан А. Я., Ямбор Я. Я. Механизм действия добавок электролитов на структуру цементного камня и свойства бетона. — Бетон и железобетон, 1977, № 7.

Производство изделий с добавками

В 1980 г. заводы Главмоспромстройматериалов изготовили около 1,3 млн. м³ конструкций с использованием добавок, в том числе около 630 тыс. м³ наружных ограждающих конструкций и панелей перекрытий из керамзитобетона с введением воздухововлекающих добавок. В производстве сборного железобетона и товарного бетона широкое распространение получили пластифицирующие, пластифицирующие воздухововлекающие добавки (СДБ, ВРП, ЦНИПС-1), ускорители твердения (ННХК) и др. В результате использования 1200 т ННХК, 400 т СДБ, более 700 т ЦНИПС-1 и СДО в 1980 г. было сэкономлено более 4 тыс. т цемента. На 17 заводах ЖБИ Главмоспромстройматериалов были созданы технологические линии приема, хранения, дозирования и подачи добавок в бетонную смесь. ННХК применяют для деталей внутренних стен, панелей перекрытий 12—16-этажных домов, колонн, ригелей, конструкций для инженерного и промышленного строительства. Наиболее широко эту добавку используют для выпуска панелей внутренних стен и перекрытий на комбинате ЖБК № 9 в целях ускорения ТВО. Одна линия годовой мощностью 35 тыс. м³ имеет оборачиваемость форм в сутки 2—2,5. В результате снижения расхода цемента на 3—4% получена экономия свыше 2 тыс. т. В настоящее время накоплен опыт применения добавок-суперпластификаторов к бетонам для несущих конструкций промышленного, жилищного и инженерного строительства.

Наибольшее распространение на заводах Главмоспромстройматериалов нашла добавка С-3, разработанная НИИЖБ совместно с ВНИИОПик и выпускаемая в настоящее время промышленностью.

После лабораторных испытаний на нескольких заводах стали применять бетонные смеси с добавкой С-3. Испытания осуществляли на заводе ЖБИ № 11 при производстве колонн многоэтажных зданий. Для приготовления бетона использовали ПЦ марки М500 и БТЦ Воскресенского объединения, песок с $M_{кр} = 1,9$ ($\gamma = 2,63$ г/см³) Тучковского карьера, щебень гранитный фракции 5—20 ($\gamma = 2,6$ г/см³) (см. таблицу).

С введением 1% С-3 подвижность смеси повышается с 4 до 24—25 см, а в случае сохранения исходной подвижности расход воды может быть уменьшен до 25%, с увеличением прочности бетона до 38—40%.

Производство колонн с применением добавки С-3 было осуществлено на заводах ЖБИ № 22 и № 11. Колонны на заводе ЖБИ № 22 изготавливают на открытых полигонах при температуре в зимнее время 25—30°C, с уплотнением глубинными вибраторами. Бетонную смесь готовят из портландцемента марки М 500 Воскресенского объединения. Изделия подвергают тепловлажностной обработке в ямных, напольных пропарочных камерах по режиму 2+3+13+1 ч (температура изотермического прогрева 65—70°C).

Через объемный дозатор в бетонную смесь вводят добавку (до 0,7%) которая поступает на завод в виде раствора 30—35%-ной концентрации в железнодорожных цистернах; ее сливают в подогреваемые металлические емкости. Бетон марки М500 для колонн готовят из бетонной смеси подвижностью 6—7 см вместо применявшейся смеси без добавки с О.К. = 3...4 см. Заданная прочность бетона достигается при пониженном расходе воды (10—12%) и цемента (50—70 кг/м³). В результате повысилась производительность агрегатно-поточных линий, поскольку время уплотнения одного изделия сократилось с 12 до 6 мин. За два года с добавкой С-3 заформовано более 6 тыс. м³ колонн для одноэтажных промзданий.

Начиная с 1980 г. завод ЖБИ № 11 выпускает колонны из бетона марки М600. Бетонная смесь удобоукладываемостью 5—6 см и $B/C = 0,29$ с расходом цемента до 540—580 кг/м³ и добавкой С-3 до 1% подается к формовочному посту бетоновозами и транспортером длиной 50 м. Формовочный пост оборудован виброплощадкой с пространственными колебаниями (частота 25 Гц, амплитуда 0,6—1 мм). Благодаря повышению удобоукладываемости бетонной смеси время формирования колонн снизилось до 6—7 мин. При этом уменьшились затраты ручного труда на заглаживание верхней поверхности и ремонта после ТВО, значительно снижен расход электроэнергии, увеличился межремонтный срок работы оборудования. В настоящее время изготовлено более 1000 м³ колонн из бетона марки М600.

Положительные результаты получены в производстве колонн из бетона марки М400 в стендовых формах на полигоне завода ЖБИ № 22 и на конвейерной линии завода ЖБИ № 11 при формировании бетонных смесей с О.К. = 16...22 см. В смесь с расходом цемента до 580 кг/м³ и $B/C = 0,35$ вводили до 1% суперпластификатора и транспортировали ее бетоноукладчиком. Формование колонн на ЖБИ № 22 заключалось в укладывании бетонной смеси подвижностью 22 см без вибрации и разравнивания верхней поверхности изделия.

Виброуплотнение после укладывания смеси с О.К. = 16 см на заводе ЖБИ № 11 продолжается 30 с. Пропаривание изделий осуществляют в напольных и щелевых камерах; прочность бетона выше 40 МПа.

Экспериментальные работы и опытное формование позволили в 1980 г. получить 27 тыс. м³ сборного железобетона с применением суперпластификатора С-3, а в 1981 г. намечено изготовить 45 тыс. м³, в том числе колонн марок М500—М600—26 тыс. м³, тонкостенных, густоармированных изделий с применением литевой технологии—10 тыс. м³.

Опытно-промышленные испытания по-

Вид цемента	Расход материалов				С-3, % массы цемента	B/C	О. К., см	Предел прочности на сжатие, МПа		Уменьшение расхода воды, л	Прочность бетона в возрасте 28 сут, %
	цемент, кг	песок, кг	щебень, кг	вода, л				4 ч	28 сут		
ПЦ	576	354	1197	219	—	0,38	4,5	36,9	50,5	—	100
	576	354	1197	219	1	0,38	25	34,1	47,6	—	94
	575	374	1265	177	1	0,31	5	50,1	64,2	42	127
	579	411	1274	160	1,5	0,276	4,5	54,8	70,6	59	140
БТЦ	577	354	1197	219	—	0,38	4	47,6	60,2	—	100
	577	354	1197	219	1	0,38	24	45,1	52,4	—	87
	577	354	1195	179	1	0,306	3,5	54	73,5	40	122
	577	354	1194	161	1,5	0,276	4	52,2	79,6	58	132
	576	409	1268	172	1,5	0,299	5,5	60,4	82,8	47	138
	576	409	1268	160	2	0,274	4	58,0	78,8	59	131

казали, что полное использование пластифицирующего эффекта добавок возможно при дальнейшем совершенствовании заводской технологии железобетона.

Главмоспромстройматериалами разработан комплексный план исследования особенностей заводской технологии производства конструкций с введением суперпластификаторов.

В настоящее время обобщен опыт хранения и приготовления добавок. СКТБ Главмоспромстройматериалов совместно с ВНИИЖелезобетоном создало опытный образец склада для одновременного хранения трех видов добавок, приготовления комплексных добавок, находящихся в жидком и твердом состоянии. Это позволит при проектировании новых бетоносмесительных цехов или реконструкции старых закладывать в технологический процесс типовые склады добавок.

В настоящее время по проекту СКТБ на заводе ЖБИ № 11 построен теплый склад хранения добавок с приемом их из железнодорожных цистерн. По подогреваемым трубам добавка поступает в промежуточную емкость, где ее доводят до раствора 10—12%-ной концентрации. Затем через дозатор раствор поступает в воду затворения бетонной смеси.

Дозирование добавок на всех заводах

ЖБИ осуществляется через клапан водяного весового дозатора, что не позволяет достичь высокой точности. В содружестве с Киевским ПО «Веда» на заводе ЖБИ № 11 установлен опытный образец дозатора, отличающийся повышенной точностью. Совместно с другими организациями изучаются возможности снижения интенсивности колебаний при уплотнении бетонных смесей повышенной подвижности. Поскольку область применения высокопрочного бетона и литых бетонных смесей пока ограничена, использование пластифицирующего эффекта добавок направлено в основном на повышение подвижности бетонной смеси, при укладывании которой возрастает производительность труда, снижаются материальные и трудовые затраты.

Наметились пути совершенствования плоских плит с добавками. Производство дорожных плит размером $6 \times 1,75$ м в формах с нераскрывающимися бортами осуществляется на заводе № 18 из бетонной смеси с $O.K. = 3 \dots 4$ см. Опыт производства изделий без подъемных петель и с выталкиванием их из формы гидроцилиндром, полученный на ЖБИ № 18, проходит проверку на изделиях, формируемых из подвижных бетонных смесей.

Смесь с пониженным B/C не успевает

набрать прочность при малой и нестабильной влажности в камерах, поэтому ТВО колонн из бетона марки М600 должна быть переведена на автоматическое регулирование влажности.

Суперпластификаторы внедрялись на 12 заводах ЖБИ Главмоспромстройматериалов. Технология их применения полностью освоена тремя заводами. Экономический эффект от использования суперпластификаторов составил 150 тыс. р.

Недостаточно быстрое внедрение добавок является следствием малой изученности некоторых вопросов заводской технологии производства подвижных и литых смесей, получаемых от введения суперпластификаторов. При освоении производства бетонов с суперпластификаторами ставится задача установления оптимальных параметров заводской технологии формирования высокопрочного бетона, подвижных и литых смесей, разработки нового оборудования и оснастки. Определив рациональные области применения добавок, намечено создать опытные линии по уплотнению подвижных и литых бетонных смесей, позволяющие полностью использовать возможности суперпластификаторов в заводской технологии производства железобетонных изделий.

УДК 691.327:666.972.52:666.972.16

С. М. ПЕТРОВ, инж. (Союзоргтехводстрой)

Добавки к бетону для гидромелиоративного строительства

К бетонам для гидромелиоративных сооружений, работающих в условиях попеременного увлажнения и высыхания, замораживания и оттаивания, предъявляются повышенные требования по морозостойкости и водонепроницаемости. Цементы для таких бетонов имеют ограничения по алюминатности, специфична технология производства сборных гидротехнических конструкций и возведение монолитных сооружений.

Институтом Союзоргтехводстрой выполнены работы по внедрению в гидромелиоративном строительстве бетонов с добавками. Общий выпуск бетона с

различными добавками на предприятиях Минводхоза СССР составляет около 2 млн. м³ в год. При облицовке оросительных каналов и строительстве на них гидросооружений, а также при возведении плотин в зимнее время был применен бетон с противоморозной добавкой — аммиачной водой.

Одесским инженерно-строительным институтом, Центральной лабораторией управления Крымканалстрой и Союзоргтехводстроем подобран состав гидротехнического бетона с аммиачной водой (NH_4OH), широко применяемой в сельском хозяйстве. Аммиачная вода неде-

фицитна и имеет низкую отпускную стоимость. Применение ее в качестве противоморозной добавки не вызывает коррозии арматуры, повышает морозостойкость и водонепроницаемость бетона. Были разработаны принципиальные схемы получения такого бетона, смесители для приготовления водного раствора аммиачной воды рабочей концентрации, исключаящие предварительное перемешивание раствора добавки в отдельной емкости, подобран состав бетона с учетом эффекта льдообразования, при котором допускается 40—60% льда от массы водных растворов аммиака без снижения прочности, морозостойкости и водонепроницаемости бетона, а также предложены составы комплексной добавки для гидротехнических бетонов повышенной морозостойкости.

Бетон с аммиачной водой широко применяют при строительстве Северо-Крымского канала, Палласовской и Городищенской оросительных систем в Поволжье, а также гидротехнических сооружений Главполесеводстрой, Главсредволгводострой и др. В зимний период на мелиоративных стройках укла-

дывают более 200 тыс. м³ такого бетона, при этом экономический эффект по сравнению с бетонами, полученными с обогревом, составляет 4—10 р/м³. Однако бетон обладает резким запахом и не пригоден для работ в закрытых помещениях и для сооружений с немедленной распалубкой. На заводах ЖБИ Главполесеводстроя, Главнечерноземводстроя, Главгрузводстроя, Минводхоза УССР и др. широко применяют добавку ПАЩ-1. Так, внедрение ее на серпуховском заводе «Гидростройдеталь» позволило улучшить удобоукладываемость бетонной смеси, снизить расход цемента на 5%, повысить морозостойкость и прочность бетона благодаря снижению водосодержания смеси. Добавка ПАЩ-1 более эффективна в сочетании с воздухововлекающими и другими компонентами. В комплексе с воздухововлекающими СНВ и СПД, а также с противоморозной добавкой НК+М или НКМ* ПАЩ-1 можно использовать для гидротехнического бетона при укладке монолитного бетона в земнее время. Для обычных гидротехнических бетонов, укладываемых в монолитные конструкции, ее применяют наравне с добавками СДБ и ВРП-1, индивидуально или в комплексе.

В монолитные бетоны гидромелиоративных сооружений в условиях сухого жаркого климата вводят индивидуальные добавки: СДБ, ГКЖ-10, ГКЖ-11; комплексные, состоящие из СДБ или ВРП-1 в сочетании с ГКЖ-10, ГКЖ-11, СНВ или СПД, а также комплексные СДБ+М₁, СДБ+М**, М+ГКЖ-10, СДБ+НК, СДБ+ННК, в состав которых входят замедлители.

При изготовлении сборных железобетонных изделий, подвергаемых тепловой обработке, как правило, применяют комплексные добавки, состоящие из пластифицирующего и воздухововлекающего компонентов, а в некоторых случаях и из ускорителей твердения. Введение указанных индивидуальных и комплексных добавок, а также аммиачной воды в бетоны для гидротехнических сооружений в мелиоративном строительстве предусмотрено «Руководством по применению химических добавок в бетоны для гидротехнических сооружений в мелиоративном строительстве». ВТР-С-2-78 (Киев, Минводхоз СССР, 1979).

Выбор конкретной для каждого случая добавки производят, как правило, на основании технико-экономического сравнения возможных вариантов с учетом наличия добавок, а также удовлет-

ворения требований проекта по консистенции бетонной смеси, прочности, водонепроницаемости и морозостойкости бетона. Количество добавки зависит от свойств исходных материалов.

Наиболее перспективны комплексные добавки, позволяющие сократить расход составляющих их веществ и получить высокий экономический эффект. Так, внедрение бетона с комплексными добавками 0,1% СДБ+0,01% СНВ от массы цемента на предприятиях Главриссовхозстроя позволило повысить морозостойкость бетона лотков оросительных систем с 75 до 300 циклов поперечного замораживания и оттаивания. Объем выпуска составил 200 тыс. м³ сборного железобетона в год. При этом сокращен расход цемента на 5%, а экономический эффект в народном хозяйстве благодаря повышению долговечности составил более 12 р/м³.

Для сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций и изделий более эффективна комплексная добавка ПАЩ-1+сульфонол [1]. При небольшом расходе входящих в ее состав веществ можно получить гидротехнический бетон высокой водонепроницаемости с морозостойкостью до 800 циклов попеременного замораживания и оттаивания, а бетонную смесь с хорошей удобоукладываемостью и сокращением расхода цемента до 10%. Комплексная добавка ПАЩ-1+сульфонол внедрена в 1980 г. на Пинском комбинате стройиндустрии Главполесеводстроя, где получен годовой экономический эффект более 100 тыс. р.

Изучено влияние различных видов добавок на водонепроницаемость бетона, в первую очередь для виброгидропрессованных и центрифугированных труб. Установлено, что в бетоны для виброгидропрессованных труб целесообразно вводить комплексную добавку, состоящую из пластифицирующего и воздухововлекающего компонентов, а для центрифугированных труб — пластифицирующего компонента и ускорителя твердения. На Волгоградском и Новомосковском заводах железобетонных труб выпущены промышленные партии напорных виброгидропрессованных, а на Пинском комбинате строительных материалов безнапорных центрифугированных труб из таких бетонов. Применение этих добавок повышает водонепроницаемость бетона, сокращает время формования виброгидропрессованных труб в 2 раза и увеличивает выпуск труб в среднем на 11%.

Совместно с Волгоградским филиалом Союзорттехводстроя подобран бетон для виброгидропрессованных труб с добавкой водорастворимой салицилоуоротро-

пиновой смолы С-1. Эта добавка не токсична, не взрывоопасна, без запаха, является ингибитором коррозии и имеет неограниченный срок хранения. Время формовки виброгидропрессованных труб диаметром 1000—1200 мм на Волгоградском заводе железобетонных напорных труб с добавкой С-1 сократилось с 55 до 20 мин, объем выпуска партии труб I—III классов с применением С-1 повысился с 46,8 до 85%. Применение 0,03% С-1 позволяет снизить водопотребность бетонной смеси на 10—15% и получить бетон с прочностью на 20—40% выше прочности бетона без добавки.

Выпущены Рекомендации [2, 3] и организован массовый промышленный выпуск виброгидропрессованных труб на Новомосковском заводе — с добавкой ПАЩ-1+СНВ, на Волгоградском — с добавкой С-1.

Удельная стоимость добавок различна: стоимость добавки ПАЩ-1+ОП — 0,06; ПАЩ-1+сульфонол — 0,07; ПАЩ-1+СНВ — 0,13; С-1 — 0,25 и С-3 — 1,16 р/м³, т. е. затраты на применение ПАЩ-1+ОП почти в 20 раз меньше, чем на С-3.

УкрНИИГимом введены общеизвестные комплексные добавки по специально разработанному способу для получения литой бетонной смеси, на основе которой изготовлен бетон с хорошими физико-механическими показателями; уменьшено отрицательное влияние лигносульфонатов на замедление сроков схватывания и твердения бетона.

Союзорттехводстроем совместно с ЛИИЖТ разработан состав бетона с комплексной добавкой полиамидной смолы № 89 и СНВ, которая предотвращает образование высолов и позволяет получить бетон высокой морозостойкости, с водонепроницаемостью от В-2 до В-20. Внедрение этой добавки намечается на объектах Минводхоза СССР в районах Средней Азии и Казахстана. К концу одиннадцатой пятилетки планируется широкое внедрение различных добавок в бетон гидромелиоративных сооружений и доведение объемов выпуска бетона с добавками примерно до 10 млн. м³.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по применению комплексной добавки ПАЩ-1+сульфонол для сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций и изделий, предназначенных для гражданского строительства, промышленного и гидротехнического строительства. М., Союзорттехводстрой, 1980.
2. Рекомендации по применению комплексных добавок в бетоны виброгидропрессованных и центрифугированных труб. М., Союзорттехводстрой, 1978.
3. Рекомендации по применению эффективных видов добавок к гидротехническому бетону. М., Союзорттехводстрой, 1980.

* НКМ — соль двойная азотнокислого кальция и мочевины.

** М₁ — мылонафт; М — карбамид (мочевина).

Опыт применения добавок в производстве сборного железобетона

В Минпромстрое СССР последние 10 лет проводится большая работа по химизации бетона. В 1980 г. предприятия министерства выпустили 17 млн. м³ бетонных смесей с добавками (42% общего объема производства). Использование добавок позволило сэкономить около 250 тыс. т цемента, значительно улучшить качество поверхности изделий и условия работы формовщиков.

Обследованиями установлено, что из 15 видов применяемых добавок наиболее доступной оказалось СДБ (10 млн. м³ бетонных смесей в 1980 г.). Наиболее высокий уровень использования добавок достигнут в Минпромстрое БССР, Главвостоксибстрое, Главомскпромстрое, Главзападуралстрое, Главсредневожжкстрое, Главнижневожжкстрое и др. — он составляет 60—70% общего объема производства бетонов.

Однако предприятия встретились с большими трудностями при получении необходимого оборудования. КТБ стройиндустрия еще в 1974 г. разработало унифицированное технологическое оборудование для приготовления и дозирования добавок, а в 1975 г. было организовано его централизованное изготовление. На основе испытаний, с учетом замечаний предприятий, в 1978 г. КТБ стройиндустрии создало техническую документацию усовершенствованного технологического оборудования, отвечающего всем метрологическим требованиям и нормативам. Оно включает баки емкостью 0,63; 1,25 и 2,5 м³ для приготовления раствора добавки требуемой концентрации из твердого или жидкого исходного продукта; расходные баки емкостью 1,25; 2,5 и 5 м³ для накопления технологического запаса рабочего раствора химической добавки; буферные баки емкостью 0,4 м³ для питания дозаторов водными растворами добавок; объемные порционные автоматические дозаторы с пределами дозирования 0,8—6; 6—25; 16—45 л. Из этого оборудования можно составить технологический комплект требуемой производительности.

Для получения водного раствора рабочей концентрации добавка с заводского склада подается в приготовительный бак. Водный раствор рабочей концентрации центробежным насосом поступает из него в расходный бак, который питает буферный бак. Из буферного бака водный раствор добавки подается в автоматический объемный дозатор. Готовая доза раствора добавки из него поступает в бетоносмеситель. Управление автоматическим объемным дозатором осуществляется с пульта. Приготовительный и расходный баки могут находиться в бетоносмесительном цехе или в отдельно стоящем помещении на расстоянии до 150 м. Буферный бак и автоматический объемный дозатор располагают в дозировочном отделении, причем буферный бак устанавливают на 4—10 м выше дозатора, что обеспечивает постоянное давление раствора добавки на входе в дозатор.

Все технологическое оборудование следует монтировать в отапливаемых помещениях с температурой воздуха 1—25°C и относительной влажностью 30—80%.

Централизованное изготовление и поставка заводам сборного железобетона 154 комплектов нового оборудования в значительной степени способствовали успешному внедрению химических добавок на предприятиях Минпромстроя СССР.

Суперпластификатор С-3 в министерстве начали использовать в 1979 г. С 1980 г. его применяют для производства железобетонных конструкций марок М500—М600 на Усольском заводе ЖБИ Главвостоксибстроя; аэродромных плит — на Оршанском комбинате Минпромстроя БССР; коробчатых настилов типа «Динакор» — на Червоноградском заводе ЖБИ Минпромстроя УССР; плит силовых стенов (М-600) — в промузле Минска; ферм, балок и других конструкций — на Щекинском заводе ЖБИ Главприоксстроя.

В текущем году отрабатывается тех-

нология применения С-3 в производстве широкой номенклатуры изделий на Броварском и Петрозаводском заводах строительных конструкций, Омском заводе СЖБ-5, Минском ДСК-3, Березниковском заводе ЖБИ-4, Шелеховском, Казанском и Щекинском заводах ЖБИ.

Добавка С-3 позволяет значительно повысить качество бетонов, снизить расход цемента, сократить расход пара на термообработку, продлить срок службы металлических форм и виброплощадок, а главное повысить культуру производства.

На Харьковском ДСК-1 широкое применение нашел суперпластификатор ХДСК-1, разработанный комбинатом совместно с Харьковским инженерно-строительным институтом и Конструкторско-технологическим институтом Минпромстроя СССР. Он представляет собой модификацию СДБ. Приготовление его организовано в специальной установке путем гидродинамической, термической и химической обработки смеси СДБ со щелочью.

ХДСК-1 используется в производстве железобетонных внутренних стеновых панелей и плит перекрытий, изготавливаемых в кассетах. В результате удалось значительно улучшить укладку бетона в кассеты, снизить его пористость, сократить время ТВО изделий на 4 ч, уменьшить расход цемента на 12%.

В разработанной Минпромстроем СССР долгосрочной программе предусмотрено увеличение объемов применения в бетонах различных видов добавок, в том числе и суперпластификаторов.

Создание мощностей по производству эффективных добавок, особенно суперпластификаторов, является первостепенной задачей и должно быть осуществлено в самый короткий срок, так как умеренные затраты средств, времени и усилий на их создание немедленно дают возможность экономить цемент, топливо, позволяют значительно улучшить качество изделий и технико-экономические показатели работы.

Применение суперпластификатора С-3 на Ростокинском заводе ЖБК

На Ростокинском заводе ЖБК ДСК-1 Главмостроя с 1978 г. совместно с НИИЖБ проводятся исследования влияния суперпластификатора С-3 на свойства бетонной смеси и бетона.

На заводе применяется кассетная, конвейерная и поточно-агрегатная технологии. Влияние добавки С-3 исследовали и проверяли в условиях применительно ко всем существующим на заводе видам технологии изготовления изделий.

Для приготовления бетонной смеси использовали портландцемент марок 400 и 500 Белгородского и Старооскольского заводов; песок Тучковского карьера с $M_{кр} = 2,2—2,4$; щебень твердых пород Вяземского карьера фракции 5—20 мм; щебень слабых известняковых пород Веневского карьероуправления фракции 5—20 мм. Оптимальный расход добавки составляет 0,5% массы цемента.

Результаты исследований показали, что введение в бетонную смесь добавки С-3 позволяет пластифицировать бетонные смеси, уменьшить их водосодержание на 30% и сократить расход цемента в среднем на 12—15%. Удобоукладываемость смесей с добавкой С-3 во всех случаях на 20—30 с меньше, чем жесткость смесей без добавки.

При одинаковом расходе цемента и большей подвижности смеси с добавкой прочность через 4 ч после тепловой обработки и в возрасте 28 сут на 30% выше, чем бетона без добавки (табл. 1).

При сохранении расхода цемента введение добавки позволяет работать со

смесями подвижностью более 15—17 см, что сокращает продолжительность формирования изделий в 1,5—2 раза и увеличивает оборачиваемость форм примерно на 30%. Несколько кассетных матов были заформованы литыми бетонными смесями с $O.K. = 20$ см и выше. Бетонную смесь транспортировали к месту укладки кубелем. Время вибрирования значительно сокращалось. Общий вибратор включался только на 3—4 с. При этом прочность бетона не снижалась по сравнению с бетоном без добавки.

При изготовлении железобетонных изделий в производственных условиях выявлено, что наиболее целесообразно применять добавку С-3 на конвейерных линиях для увеличения оборачиваемости форм.

Таблица 2

Расход цемента, кг/м³	Осадка конуса, см	Количество до- бавки С-3, %	Продолжитель- ность ТВО	Предел проч- ности при сжатии, МПа, через		Ускорение ритма формования, %
				4 ч после ТВО	28 сут	
530	17—20	0,5	8	27,3	39,8	30—50
580	7—8	—	10	22	35	—
530	20	0,5	8	29	39	30—50
580	7	—	10	18,8	37	—
530	19—21	0,5	8	32,6	38,7	—
580	7	—	10	27,5	34	—
530	19	0,5	8	27,4	37,7	—
580	7	—	10	20,7	35,4	—
530	20	0,5	8	30	—	—
580	8	—	10	21	—	—
410	20	0,5	8	27	—	—
460	8	—	10	19,3	—	—

Таблица 1

Расход цемента, кг/м³	Расход воды, л/м³	Количество до- бавки, %	Осадка конуса, см	Предел проч- ности при сжатии МПа, через	
				4 ч после ТВО	28 сут
400	235	—	8	14,8	24,3
400	190	0,5	20	20	27
400	235	—	8	13	27
400	190	0,5	19	18	34
528	225	—	8	23	—
450	177	0,5	8	29	—
528	235	—	14	21	—
450	190	0,5	14	30	—

Формование изделий на конвейерных линиях из пластифицированных бетонных смесей с подвижностью 15—20 см сокращает продолжительность виброуплотнения, ускоряет ритм формирования почти в 2 раза, число формовок увеличивается при этом в 1,5 раза, эффективнее используется технологическое оборудование, сокращается расход электроэнергии. Продолжительность тепловой обработки бетона с добавкой С-3 сокращается с 12 до 8 ч. Результаты производственного внедрения суперпластификатора С-3 при конвейерной технологии приведены в табл. 2.

Пропускная способность камер и оборачиваемость поддонов и форм увеличивается. При том же парке поддонов и форм ритм работы конвейера ускоряется и может достигать свыше 45 циклов в сутки вместо 30—35. Качество поверхности изделия со стороны поддона улучшается, так как сокращается число пор. Это снижает трудозатраты на доводку изделий, облицованных керамической плиткой, после распалубки. Повышается водоудерживающая способность бетона, которая оценивается водоотделением.

Как правило, при формировании изделий на конвейерных линиях из бетонной смеси без добавки с подвижностью 8 см наблюдается значительное водоотделение на поверхности, что ослабляет прочность изделия, приводит к шелушению поверхности после тепловой обработки из-за испарения воды. Вместе с тем отмечено, что бетонная смесь с подвижностью 17—20 см с добавкой С-3 обладает связностью, нерасслаиваемостью, повышенной однородностью.

Благодаря уменьшению количества воды затворения в среднем до 40—50 л/м³ водоотделение либо совсем отсутствует, либо весьма незначительно. Это улучшает качество поверхности, в целом повышает прочность изделия в верхней, наиболее слабой зоне. Меньшее водоотделение смесей с добавкой предопределяет и меньшую степень их расслоения.

Расстояние от бетоносмесительного узла до постов формирования составляет 30—120 м. Бетонная смесь с добавкой при этом сохраняет свою однородность. Установлено также, что добавка С-3 повышает морозостойкость бетона более чем в 2 раза, что позволяет заводу изготавливать изделия для строек БАМа с морозостойкостью 200 и более циклов.

Снижение себестоимости при использовании добавки С-3 на конвейерных линиях составляет 3,2 р/м³. При этом повышается культура производства, уменьшается шум при изготовлении изделий, износ вибраторов и улучшаются условия труда благодаря сокращению времени пребывания рабочих под воз-

действием звукового давления. Поступление добавки со стабильными свойствами облегчает ее применение в производстве по сравнению с другими добавками.

Для введения добавки в бетонную смесь заводом разработана, смонтирована и внедрена система хранения, транспортирования и дозирования. Она включает: две цистерны по 60 м³, оборудованные паровыми регистрами с наружной стороны; смеситель объемом

3 м³ для приготовления рабочего состава заданной концентрации, который расположен в надбункерном отделении бетоносмесительного цеха и снабжен устройством для механического перемешивания; промежуточную рабочую емкость объемом 3 м³ для хранения рабочего состава добавки. Рабочая емкость расположена в дозаторном отделении БСЦ, рабочий состав добавки поступает из смесителя в промежуточную емкость самотеком, далее на водяные ве-

сы с водой затворения и в бетоносмеситель.

Практика работы с добавкой С-3 показала точность работы данной системы. Перед подачей добавки в бетоносмесительный цех ее перемешивают в емкостях-цистернах в течение 10 мин. Добавка загустевает при температуре 1—3°С, хранение ее при более низкой температуре нежелательно. При замерзании добавки в железнодорожных цистернах допускается разогрев ее паром.

УДК 627.842/.844:666.972.16

А. Ф. ШАШИН, инж. (Гипростроммаш); А. Л. ЦИОНСКИЙ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Перспективы использования суперпластификаторов при производстве напорных труб

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года обращается внимание на использование капитальных вложений в первую очередь для технического перевооружения предприятий. К таким следует отнести и заводы по производству железобетонных, в частности напорных виброгидропрессованных труб.

Одним из действенных путей решения поставленной задачи является использование при выпуске труб суперпластификаторов в качестве добавок. Их способность временно увеличивать подвижность бетонной смеси в 7—8 раз без снижения прочности бетона позволяет получить следующие результаты: сократить в несколько раз время формирования труб при одновременном уменьшении затрат энергоресурсов и износа дорогостоящих форм; увеличить плотность, прочность и водонепроницаемость бетона путем снижения до 30% расхода воды затворения при использовании бетонных смесей с О.К.=2—3 см; сократить продолжительность тепловой обработки; использовать специальные составы бетонной смеси, улучшающие гидравлические характеристики труб; обеспечить переход на литьевую технологию труб с применением литых смесей с О.К.=20—25 см.

Ввиду того, что в настоящее время оборудование — бетоносмесители, шнековые бетоноукладчики и формы — не подготовлено к работе с литыми бетонными смесями, целесообразно в переходный период использовать смеси с О.К.=6—12 см, уменьшая при этом количество воды затворения до 20%. Время формирования виброгидропрессованных труб из бетонной смеси подвижностью 6—12 см составляет для изделий диаметром 500—700 мм — 10—12 мин, а диаметром 900—1200 мм — 15—20 мин. Кроме того, представляется возможным при формировании труб диаметром 900—1200 мм оставить на форме четыре вместо шести пневмовибратора.

Для предотвращения прорезания витками спиральной арматуры подвижных бетонных смесей с О.К.=6—12 см следует применить, в зависимости от свойств вяжущего, один из следующих приемов. Необходимо либо выдержать трубу перед прессованием в нормальных температурно-влажностных условиях, либо прогреть смесь до 40—50°С; затем в течение 0,5—1 ч опрессовать трубу небольшим давлением (0,2—0,8 МПа), а затем поднимать давление до расчетного значения.

При сочетании добавки С-3 с эффективным наружным обогревом форм, сокращающим время тепловой обработки

(особенно при изготовлении труб малых диаметров), возможно уменьшить парк форм за счет ускорения их оборота до двух раз в сутки.

Повышение передаточной прочности бетона при снижении расхода воды затворения пластифицированной бетонной смеси позволяет повысить классность труб по водонепроницаемости, качеству защитного слоя и другим показателям.

Сотрудники Гипростроммаша и НИИЖБ проводят по трем направлениям работу по реконструкции цехов напорных труб с применением суперпластификаторов: по традиционной технологии без переделок оборудования; в сочетании с новыми техническими решениями (спирально-перекрестное армирование и др.); по принципиально новой технологии с использованием литых смесей. По первому варианту, применяя С-3 и традиционную технологию, представляется возможным увеличить мощность заводов на 15—25%, снизить трудоемкость и себестоимость производства труб соответственно на 35 и 5%. По второму варианту, основные переделы которого проверены в производстве, можно увеличить мощность предприятий примерно на 20—45%, а трудоемкость и себестоимость труб снизить соответственно на 50 и 15%. Наиболее перспек-

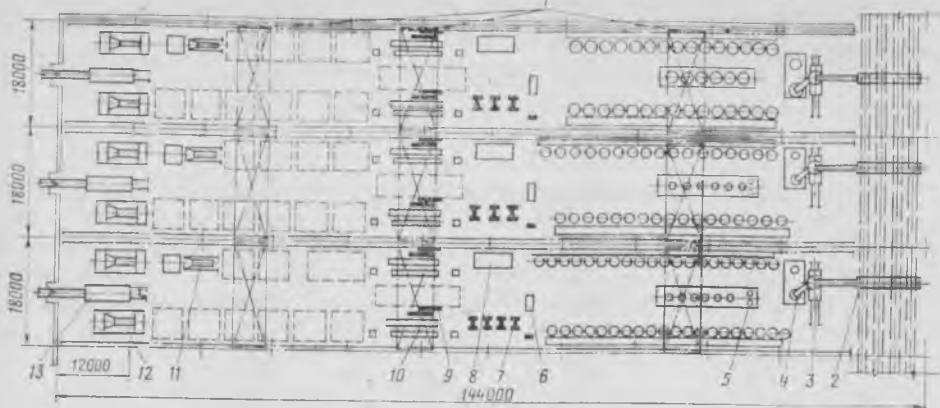


Рис. 1. Проект УТП-18×144 модернизированного завода виброгидропрессованных труб

1 — кран мостовой электрический; 2 — линия подачи бетона; 3 — бетоноукладчик; 4 — виброплощадка; 5 — установка вакуумная; 6 — кантователь; 7 — подставка для нижней полуформы; 8 — подставка для верхней полуформы; 9 — устройство для зажима скоб; 10 — станок для изготовления спирально-перекрестных каркасов; 11 — машина для улифовки раструбов; 12 — установка для гидроиспытаний труб; 13 — самоходная тележка

тивным следует считать третий путь — изготовление труб из подвижных бетонных смесей с О.К. = 20 см и более, укладываемых из специальных бункеров с небольшим кратковременным встряхиванием формы на виброплощадке, или путем создания в форме разрежения смесей, или нагнетаемых бетононасосами.

Применение суперпластификаторов позволяет с одновременным повышением расхода песка на 200—300 кг/м³ (по сравнению с традиционными составами) улучшить качество внутренней поверхности виброгидропрессованных труб. По данным ЛИИЖТ, за счет этого экономия электроэнергии на перекачке воды может составить примерно 100 тыс.

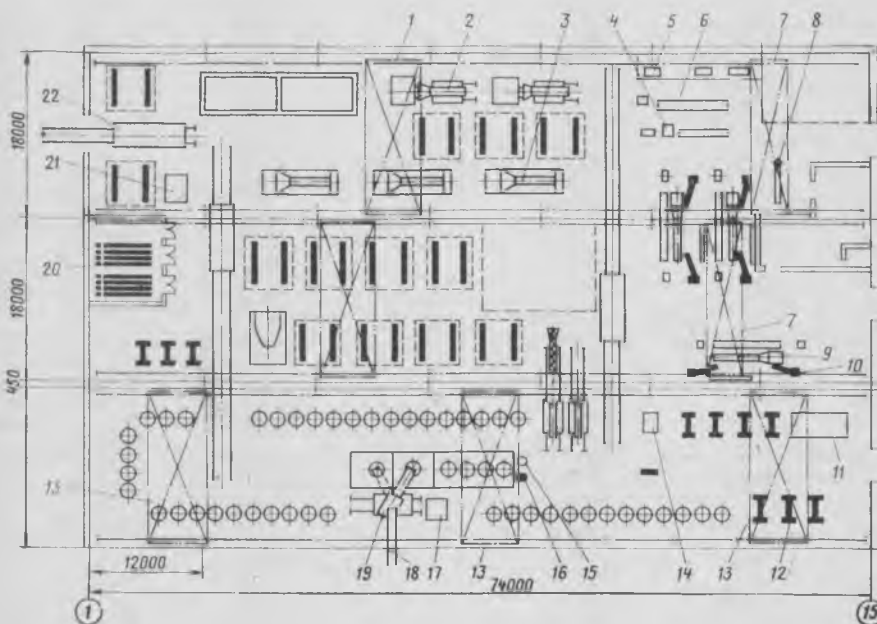


Рис. 2. Проект 4-09-749K

1 — кран мостовой электрический грузоподъемностью 10 т; 2 — машина В=800 мм; 3 — установка для гидроиспытаний; 4 — станок для изготовления разделительной полосы спирально-перекрестных каркасов; 5 — верстак для электросварочных работ; 6 — установка для производства скоб; 7 — кран мостовой однобалочный с электропульт; 8 — правильно-отрезной станок-автомат; 9 — станок для изготовления спирально-перекрестных каркасов; 10 — устройство для зажима скоб; 11 — подставка для верхней половины наружной формы; 12 — подставка для нижней половины наружной формы; 13 — кран мостовой электрический грузоподъемностью 20 т; 14 — кантователь; 15 — установка для приготовления мыльной эмульсии; 16 — бачок-распылитель; 17 — пост мойки конусов; 18 — конвейер ленточный наклонный В=800 мм; 19 — бетоноукладчик; 20 — кронштейн для хранения резинового чехла; 21 — машина для торкретирования; 22 — самоходная тележка грузоподъемностью 20 т

кВт·ч в год на 1 км трубопровода диаметром 1000 мм.

В лаборатории экономики НИИЖБ подсчитано, что за счет применения суперпластификатора С-3 затраты на выпуск и эксплуатацию виброгидропрессованных труб можно снизить примерно на 10—12 р/м³.

Успешное внедрение добавок требует скорейшего создания типовых складов по их приемке и хранению, а также надежных дозирующих устройств. Особенности складских помещений для добавки С-3 является наличие непосредственно у емкостей камеры по разогреву в зимнее время острым паром прибывшей в цистерне добавки; устройство для продувки трубопроводов (после очередной перекачки добавки) от склада хранения к промежуточным емкостям бетоносмесительной установки и др.

Представляют интерес проект склада и дозирующие устройства для добавки, разработанные ПКТБ Главлентстройматериалов.

Гипростроммаш совместно с НИИЖБ проработал технологические схемы поэтапной модернизации заводов виброгидропрессованных труб, построенных по типовым проектам 4-09-749K и УТП-18×144.

На первом этапе намечено использовать преимущества от применения добавки С-3 в бетонной смеси подвижностью до 12 см. Для обеспечения прироста мощности предприятия увеличивается число постов опрессовки в среднем на 10%, а число формовочных постов уменьшается вдвое.

При переходе на спирально-перекрестно-армированные трубы (второй этап) на существующих площадях для обеспечения прироста мощности на 20—45% следует увеличить на 15—20% число постов гидропрессования, заменить арматурно-навивочные станки, заменить формовочные устройства с навесными пневмовибраторами на виброплощадке с многокомпонентными колебаниями, исключить ненужное в этом случае оборудование, связанное с заготовкой и натяжением продольной арматуры (рис. 1, 2).

Для литых смесей необходимо разработать принципиально новое оборудование для приготовления, транспортирования и укладки бетонной смеси. Следует также доработать парк форм, предназначенных для изготовления спирально-перекрестно-армированных труб. Суточная производительность формовочного цеха пролетом 18×144 м при производстве напорных труб по литьевой технологии может возрасти на 15% в штучном исчислении по сравнению со вторым этапом.

Об итогах Всесоюзного общественного смотр-конкурса на лучшее качество строительства в десятой пятилетке, проведенного в 1980 г.

Всесоюзный общественный смотр-конкурс на лучшее качество строительства в десятой пятилетке проходил в 1980 г. в обстановке всенародного творческого подъема и социалистического соревнования по досрочному завершению пятилетнего плана и достойной встрече XXVI съезда КПСС.

Смотр-конкурс способствовал мобилизации коллективов генподрядных, монтажных и специализированных строительных организаций, комбинатов и трестов промышленности строительных материалов и строительной индустрии на дальнейшее улучшение качества конечной строительной продукции, выпускаемых изделий, конструкций и материалов.

В смотре-конкурсе приняли участие более 2240 коллективов генподрядных, монтажных, специализированных объединений и трестов, домостроительных и сельских строительных комбинатов, около 300 производственных объединений, комбинатов и трестов промышленности строительных материалов и строительной индустрии.

Этими организациями в ходе смотра-конкурса было внесено около 800 тыс. предложений, направленных на улучшение качества строительства, из них 50 тыс. предложений было внедрено в практику строительства.

Активное участие в организации и проведении смотра-конкурса приняли отдельные республиканские министерства и главные территориальные управления Минтяжстроя СССР, Минэнерго СССР, Минводхоза СССР, Минмонтажспецстроя СССР, Главмосстрой при Мосгорисполкоме, Госстрой Казахской ССР и Госстрой Узбекской ССР.

Недостаточно уделяли внимания проведению смотра-конкурса и на низком качественном уровне представили материалы подразделения Минвостокстроя, Минсельстроя СССР, Главмосблстроя при Мособлисполкоме, Главинградстроя при Ленгорисполкоме, Росколхозстройобъединения, Госстроя Азербайджанской ССР, Госстроя Грузинской ССР, Госстроя Молдавской ССР.

Госстрой СССР, ЦК профсоюза рабочих строительства и промышленности строительных материалов, Центральное правление НТО стройиндустрии и Союз архитекторов СССР, рассмотрев предложения Центральной комиссии по проведению и рассмотрению итогов Всесоюзных общественных смотров-конкурсов на лучшее качество строительства в десятой

пятилетке, в частности, постановили — признать победителями Всесоюзного общественного смотра-конкурса на лучшее качество строительства в десятой пятилетке, проведенного в 1980 г., и наградить следующие коллективы:

Диплом I степени с денежной премией:

Ордена Трудового Красного Знамени ДСК № 3 Главмосстроя при Мосгорисполкоме — за высокое качество строительства 68 крупнопанельных жилых домов серии П-3/16 в Москве, внедрение прогрессивных конструкций и новых эффективных материалов, передовых методов труда, эффективной системы контроля за качеством строительства, хорошие технико-экономические показатели.

Таллинский ДСК им. 60-летия Октября Минстроя Эстонской ССР — за высокое качество строительства 37 крупнопанельных жилых домов серии 121 в Таллине, переход на строительство блок-секционных домов без остановки производства, внедрение неразрушающих методов контроля железобетонных изделий, перевод всех бригад, занятых на строительном-монтажных работах, на метод бригадного подряда, достижение высокого (0,97) коэффициента использования производственных мощностей.

Производственное объединение Сум-железобетон республиканского промышленного объединения Укрпромжелезобетон Минпромстроя Украинской ССР — за высокое качество выпускаемых сборных железобетонных конструкций для промышленного и гражданского строительства, в том числе 9,9% с государственным Знаком качества, освоение изготовления плит покрытия размером 3X18 м и пустотного настила размером 6X2,4 м, внедрение прогрессивной технологии и комплексной системы управления качеством продукции.

Диплом II степени с денежной премией:

Краснопресненский завод железобетонных конструкций ДСК № 1 Главмосстроя при Мосгорисполкоме — за высокое качество выпускаемой продукции по всей запланированной номенклатуре, в том числе наружных стеновых панелей, деталей лифтовых шахт и безрулонной кровли для жилых домов серий П-43/16, П-44/16, внедрение передовой технологии, автоматизации технологических процессов, комплексной системы управления качеством продукции, хорошие технико-экономические показатели.

Завод ЖБИ № 18 Главмоспромстройматериалов при Мосгорисполкоме — за

высокое качество выпускаемых сборных железобетонных конструкций для промышленного строительства, в том числе 21% с государственным Знаком качества, внедрение прогрессивной технологии, освоение новых видов изделий.

Дипломом:

Донецкий ДСК-1 им. Ленинского комсомола комбината «Донецкжилстрой» Минтяжстроя Украинской ССР — за хорошее качество строительства 32 крупнопанельных 9- и 14-этажных жилых домов серий 1-464Д-ВУ и Э-333 в Донецке.

Белоцерковский ДСК комбината Киевпромстрой Минпромстроя Украинской ССР — за хорошее качество строительства 17- и 9-этажных жилых домов серии П-94 в г. Белая Церковь и других городах республики.

Ордена «Знак Почета» Харьковский ДСК № 1 комбината «Харьковжилстрой» Минпромстроя Украинской ССР — за хорошее качество строительства семи 16- и одиннадцати 9-этажных жилых домов в Харькове.

Брестский ДСК Минпромстроя Белорусской ССР — за хорошее качество строительства 19 объектов жилищно-гражданского назначения в различных городах республики.

Владимирский ДСК Владимирского территориального управления строительства Минстроя СССР — за хорошее качество строительства 50 крупнопанельных жилых домов серий П-121 и П-90 в г. Владимире и в области.

Чебоксарский ДСК Чувашского территориального управления строительства Минстроя СССР — за хорошее качество строительства 39 крупнопанельных жилых домов серии 121 «ч» в Чебоксарах и других городах Чувашской АССР.

Домостроительный комбинат управления строительства Татэнергострой Главзаводоцестроя Минэнерго СССР — за хорошее качество строительства 17 крупнопанельных жилых домов серии П-84НК в Нижнекамске.

Орехово-Зуевский ДСК Московского областного производственного объединения КПД Главмосблстроя при Мособлисполкоме — за хорошее качество строительства десяти 9-этажных домов серии П-90 в разных городах Московской области.

Алитусский экспериментальный ДСК республиканского объединения Литмежколхозстрой Литовской ССР — за хорошее качество строительства 674 одноквартирных щитовых домов в колхозах и совхозах Литовской ССР.

Ордена Трудового Красного Знамени ДОК № 1 им. Комсомола Украины Главкиевгорстроя при Киевском Горисполкоме — за хорошее качество строительства жилых домов в Киеве.

Опорно-показательный экспериментальный сельский домостроительный комбинат Росколхозстройобъединения — за хорошее качество строительства 269 объектов жилищно-гражданского назначения в Саратовской области.

Гулькевичский сельский строительный комбинат Росколхозстройобъединения — за хорошее качество строительства 26 объектов жилищного назначения в ряде районов Краснодарского края.

Целиноградский строительный комбинат Минсельстроя Казахской ССР — за хорошее качество изготовления технологического оборудования и оснастки для предприятий сборного железобетона, строительных металлических конструкций, совершенствование технологии производства.

Трест «Железобетон» Главвладивостокстроя Минвостокстроя — за хорошее качество изготовления железобетонных конструкций для объектов промышленного и культурно-бытового назначения.

Кавказский завод железобетонных шпал Минстройматериалов СССР — за хорошее качество выпускаемых железобетонных предварительно-напряженных шпал.

Сауриенский комбинат строительных материалов Минстройматериалов Латвийской ССР — за хорошее качество выпускаемых гипсовых изделий, унифицированных санитарно-технических кабин, железобетонных мозаичных плит и другой продукции, в том числе 21% с государственным Знаком качества.

Завод ЖБИ-2 Бескудниковского комбината строительных материалов и конструкций № 1 Главмоспромстройматериалов при Мосгорисполкоме — за хорошее качество выпускаемых сборных железобетонных изделий для жилых и общественных зданий, в том числе 5% с государственным Знаком качества.

Буньковский экспериментальный завод по производству деталей домов для села Главмособлстройматериалов при Мособлсполкоме — за хорошее качество выпускаемых сборных железобетонных изделий, дренажных керамических труб и керамической плитки для полов.

Строительным министерствам, ведомствам и госстроим союзных республик надлежит обсудить итоги Всесоюзного общественного смотра-конкурса на лучшее качество строительства в десятой пятилетке, проведенного в 1980 г., разработать и осуществить мероприятия по широкому внедрению на стройках и предприятиях передового опыта коллективов, добившихся в ходе смотра-конкурса высокого качества выполняемых строительно-монтажных работ и выпускаемых конструкций и материалов.

Усилить работу по повышению технического уровня строительного производства и степени заводской готовности строительных конструкций и изделий, организовать систематическое обучение рабочих и инженерно-технических работников передовым методам организации труда, обеспечить строгое соблюдение на стройках и предприятиях требований проектов, строительных норм и правил, государственных стандартов, технических условий.

Конструкции

УДК 69.032.2:024.075.23

Д. Г. ВАЛЬЧУК, Б. П. КОВТУНОВ, кандидаты техн. наук;
Н. Х. НИГМАТУЛЛИНА, инж. (НИИСК)

Армирование консолей колонн многоэтажных зданий

НИИСК совместно с ЦНИИЭП торгово-бытовых зданий проводят работу по совершенствованию конструкций каркасно-панельных зданий серии ИИ-04. Кроме того, по плану типового проектирования Госстроя СССР при участии ЦНИИПромзданий разрабатываются конструкции каркасов многоэтажных зданий серии 1.020-1 (на базе серии ИИ-04). При сетке колонн 12×6 м и унифицированной расчетной нагрузке на перекрытия 1250 кг/м^2 расчетное значение поперечной силы, передающейся на консоль колонны, достигает 60 т.

В перспективе для многоэтажных производственных зданий предусматривается разработка каркаса также с сеткой колонн 12×12 м. Поперечная сила в узловых сопряжениях ригелей с колоннами по сравнению с сеткой колонн 12×6 м значительно возрастает — при унифицированной нагрузке на перекрытие 1600 кг/м^2 ее расчетное значение составляет 136 т.

Однако несмотря на значительные нагрузки, геометрические размеры консолей колонн имеют ограничения, связанные с шириной колонн, равной 400 мм, и максимально возможной величиной подрезки ригеля на опоре, равной 150 мм

(при сетках колонн 6×6 ; 9×6 и 12×6 м) или 250 мм (при сетках колонн 12×12 м). Поскольку при ограниченных геометрических размерах сечения стержневая арматура не обеспечивает необходимой прочности, консоли колонн каркасов серий ИИ-04 и 1.020 армируются так называемыми металлическими фермочками. Растянутая и сжатая ветви этих фермочек, выполняемые из стержневой арматуры, соединены между собой металлическими пластинами на сварке (рис. 1).

Исследованиями различных авторов установлено, что существующие методики расчета прочности таких консолей не достаточно точны [1, 2].

На основе анализа проведенных в НИИСК, НИИЖБ и ЦНИИЭП торгово-бытовых зданий экспериментальных исследований конструкций консолей с жесткой арматурой разработана методика расчета их прочности. По этой методике несущая способность консоли рассчитывается в сечении по грани колонны на действие изгибающего момента и поперечную силу [3].

Проведенные в НИИСК экспериментальные исследования выявили возмож-

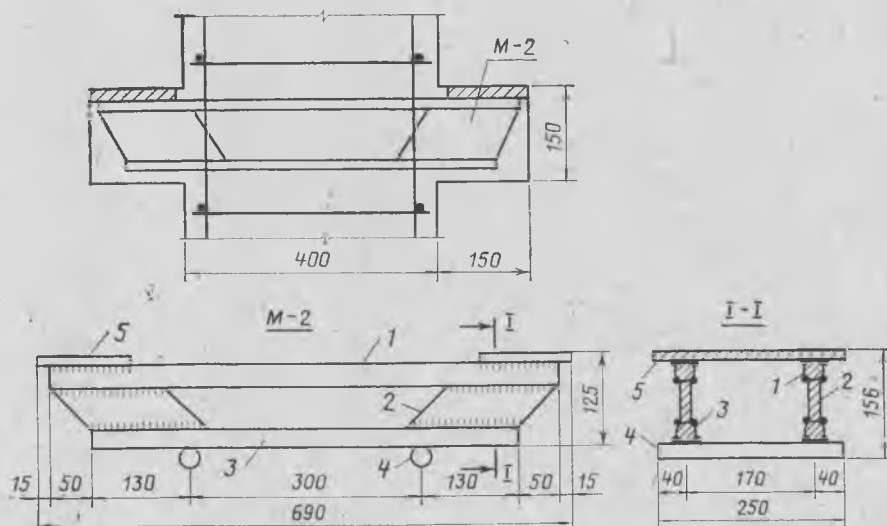


Рис. 1. Консоли типовых колонн

ность разрушения конструкции также из-за смятия бетона под металлическими фермочками. Именно такой характер разрушения наблюдали в опытных образцах консолей колонн серии ИИ-04. Несущая способность консолей колонн каркасов серии ИИ-04 приведена в табл. 1.

В таблице приняты следующие обозначения: $N_{расч}$ — расчетная нагрузка на консоль при расчетной унифицированной нагрузке на ригель 9 т/пог. м; N_1^T , N_2^T , N_3^T — теоретическая несущая способность консоли, рассчитанная по предлагаемой методике на действие соответственно изгибающего момента, поперечной силы, на смятие бетона под металлическими фермочками.

Сопоставления результатов расчета и опытных данных выявили неэффективность принятого армирования консолей колонн серии ИИ-04. В связи с этим были проведены испытания опытных образцов консолей, законструированных на основе расчета по разработанной методике. Опытные образцы включали средние и крайние колонны сечением 40×40 см со сниженной металлоемкостью для расчетной унифицированной нагрузки на ригель 9 т/пог. м.

В сжатой (нижней) зоне консоли продольная арматура не устанавливалась, а толщина вертикальных пластин была уменьшена до 1,2 см. Отказ от арматуры в сжатой зоне вызвал необходимость решения вопроса о надежности передачи усилия с металлической фермочки на бетон колонны. В связи с этим в конструкции предусмотрены упорные пластины, установленные под прямым углом к равнодействующей вертикальных и горизонтальных усилий в сечении по грани колонны (рис. 2). Площадь упорной пластины определена из условия обеспечения прочности бетона на смятие. Результаты испытания таких консолей приведены в табл. 2.

Как следует из табл. 1 и 2, несущая способность консолей типовых колонн и консолей со сниженной металлоемкостью одинакова. Если для консолей типовых колонн характерно хрупкое разрушение из-за смятия бетона под металлическими фермочками, то в опытных образцах консолей со сниженной металлоемкостью при разрушении наблюдались значительные пластические деформации, вызванные текучестью растянутой арматуры. Об этом свидетельствуют не только результаты расчета несущей способности образцов (см. табл. 2), но и характер развития их прогибов в точках приложения нагрузок к моменту разрушения, а также характер разрушения.

Экономия стали для консолей средних колонн составляет 32% по сравнению с типовыми, для консолей крайних колонн — 37%. При этом следует отметить, что консоли типовых конструкций ко-

№ образ-ца	$N_{расч}, т$	$N_{оп}, т$	$\frac{N_{оп}}{N_{расч}}$	$N^T, т$	$\frac{N_1^T}{N_{расч}}$	$\frac{N_2^T}{N_{оп}}$	$\frac{N_2^T}{N_{расч}}$	$\frac{N_3^T}{N_{оп}}$	$\frac{N_3^T}{N_{расч}}$
1	33	60	1,82	64,7	1,95	1,07	3,97	2,19	1,02
2		60,5	1,83			1,06		2,17	1,01
3		64,75	1,96			0,99		2,03	0,95

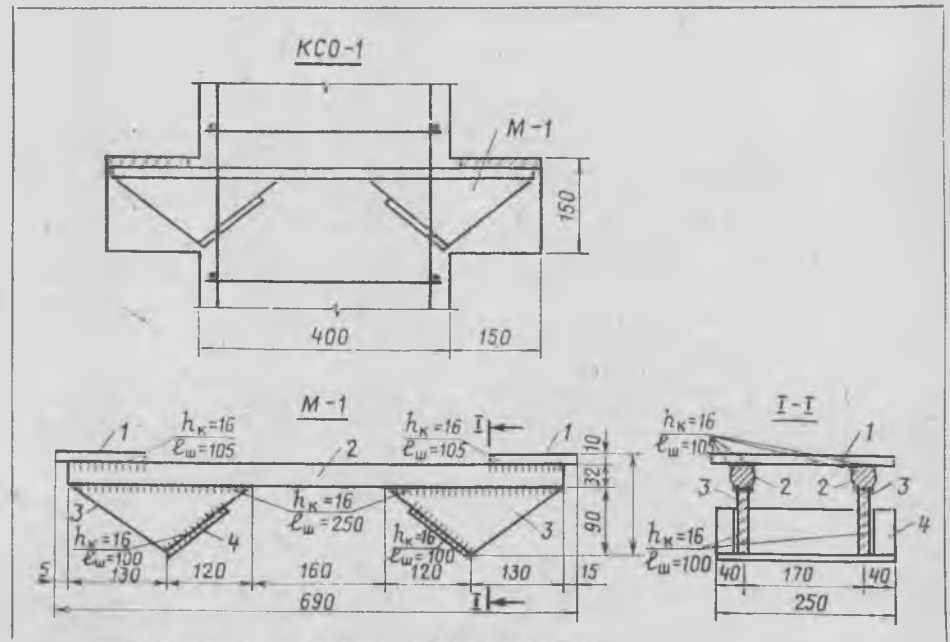


Рис. 2. Консоли колонн со сниженной металлоемкостью

Таблица 2

Марка образца	$N_{оп}, т$	$\frac{N_{оп}}{N_{расч}}$	$N^T, т$	$\frac{N^T}{N_{расч}}$	$\frac{N^T}{N_{оп}}$
KCO-1-1	60	1,82	59,5	1,8	0,99
KCO-1-2	59	1,79			1,01
KCO-1-3	65,25	1,98			0,91
KKO-1-1	>53*	>1,61	57,3	1,74	0,99
KKO-1-2	58	1,76			
KKO-1-3	>58*	>1,76			

* Опытные образцы консолей крайних колонн испытывались попарно, разрушался только один из образцов.

Примечание. $N_{расч} = 33 т$. N^T — теоретическая несущая способность консоли, рассчитанная по предлагаемой методике на действие изгибающего момента.

лонн сечением 40×40 см законструированы независимо от значения расчетной равномерно распределенной нагрузки на перекрытия (под максимальную расчетную нагрузку на консоль 33 т, соответствующую расчетной унифицированной 9 т/пог. м на ригель). Это приводит к дополнительному перерасходу металла.

Выводы

На основе анализа экспериментальных исследований разработана методика расчета, позволяющая рационально проектировать короткие железобетонные консоли с жесткой арматурой сечением 40×40 и 30×30 см.

Рекомендуемые варианты армирования таких консолей следует использовать дифференцированно в зависимости от действующих унифицированных расчетных нагрузок на ригели, равных 4; 5,2; 7,2; 9 т/пог. м.

При этом экономия стали на 1 м³ колонны составляет от 3 до 20% в зависимости от марки колонны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранова Т. И. Прочность коротких железобетонных элементов при действии поперечных сил. Автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., 1977.
2. Голосов В. Н., Довгало В. И. Исследования работы коротких железобетонных консолей. — Реф. сб.: Межотраслевые вопросы строительства, вып. 9. М., 1972.
3. Нигматуллина Н. Х. Новый метод расчета коротких консолей. — Промышленное строительство и инженерные сооружения, 1980, № 4.

Элементы Х-образного сечения с диагональным армированием

Армирование железобетонных элементов диагонально-расположенными каркасами позволяет сократить трудоемкость изготовления при одновременном снижении расхода стали. Особенно эффективно подобное армирование для элементов Х-образного и крестообразного сечений.

В Томском инженерно-строительном институте исследовали железобетонные конструкции Х-образного сечения, армированные пространственными каркасами с диагональным расположением поперечных стержней (свай, колонн, балок). Для подтверждения эффективности таких элементов испытывали 6 серий образцов трех типов сечений (в каждой серии по 9 образцов) (рис. 1). Кроме того, в образцах II серии устанавливали преднапряженную арматуру. Наименьшая ширина сечения Х-образных элементов составляла $\frac{1}{3}$ полной.

Образцы I и II серий размером $12 \times 20 \times 120$ см, а также образцы III серии размером $30 \times 30 \times 150$ см (элементы свай) испытывали на изгиб с разрушением их по нормальным сечениям; образцы IV серии размером $12 \times 20 \times 120$ см — на изгиб с разрушением по наклонным сечениям; образцы V и VI серий размером $20 \times 20 \times 80$ см — на центральное и внецентренное сжатие с эксцентриситетом, равным 4 см. Испытания проводили на испытательных машинах ГМС-100 и ПММ-250. Образцы I, II и III серий загружали сосредоточенными силами в середине пролета; образцы IV серии — двумя сосредоточенными силами в третях пролета. При испытании фиксировали момент образования трещин, прогибы, характер разрушения образцов и величину разрушающей нагрузки.

Первые трещины в изгибаемых элементах Х-образного сечения образовались при нагрузках, на 2—10% меньших, чем в элементах прямоугольного сечения. Характер образования трещин не зависел от вида сечения и армирования. При одинаковых нагрузках прогибы таких элементов превышали прогибы элементов прямоугольного профиля на 12—30%. Существенных отклонений в характере образования трещин и разрушения образцов Х-образного сечения, в отличие от образцов прямоугольного сечения не выявлено как при изгибе, так и при сжатии.

Значения полученных разрушающих нагрузок приведены в таблице. Расчетные разрушающие нагрузки определяли по формулам СНиП с учетом фактических размеров элементов, прочности бетона и арматуры. При этом для образцов Х-образного сечения учитывали действительную форму сжатой зоны бетона, а в расчете по наклонным сечениям

№ серии	Тип сечения	Арматура			Кубиковая прочность бетона, МПа	Разрушающая нагрузка, кН	
		F_a	F_a^*	F_{ax}		$P_{оп}$	$P_{расч}$
I	а б в	2 Ø 14A-III	2 Ø 6A-III	2 Ø 5B-I; $u=5$ см	42,2 38,5 38,4	120,3 113,3 105,5	107,4 107,8 93,7
II	а б в	1 Ø 14A-IV+ +2 Ø 5B-I	2 Ø 5B-I	2 Ø 5B-I; $u=5$ см	30,8 24,8 23,4	105 96,7 89	93,5 88,3 86,5
III	а б в	2 Ø 12A-II	2 Ø 12A-II	2 Ø 5B-I	26,3 26,3 26,3	88,5 90,1 82,3	105,4 107,1 102
IV	а б в	2 Ø 14A-III	2 Ø 6A-III	2 Ø 5B-I; $u=5$ см	39,3 38,2 37,4	165,3 156 152,4	154 142 139
V	а б в	2 Ø 14A-III	2 Ø 14A-III	2 Ø 5B-I; $u=19$ см	41,4 41 39,5	1259 1255 1117	1291 1269 954
VI	а б в	2 Ø 14A-III	2 Ø 14A-III	2 Ø 5B-I; $u=19$ см	44,3 46,4 41,7	707 704 683	718 726 722

Примечания: 1. Приведены средние величины по испытанию трех образцов-близнецов.
2. Разрушение образцов II серии произошло в результате нарушения анкеровки арматуры на опорах.

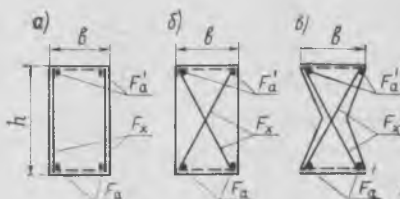


Рис. 1. Типы сечений испытанных образцов

а — прямоугольное с традиционным армированием; б — то же, с армированием диагональными каркасами; в — Х-образное с армированием диагональными каркасами

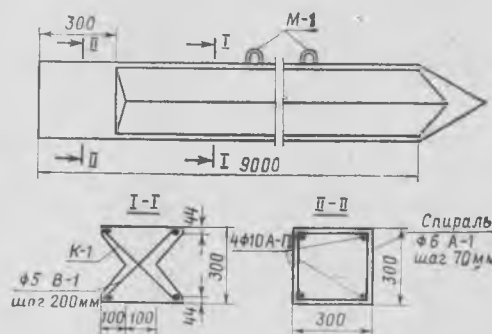


Рис. 2. Конструкция железобетонной сваи Х-образного сечения

принимали минимальную ширину сечения. Из таблицы видно, что при сокращении расхода бетона в образцах Х-образного сечения на 30% несущая способность их снизилась по сравнению с элементами прямоугольного сечения на 3—15%.

Проведенные исследования показали возможность использования изгибаемых и сжатых элементов Х-образного сечения с диагональным армированием в строительстве, при этом расчет их можно производить по формулам СНиП с учетом особенностей формы сечения.

В Томском инженерно-строительном институте разработаны, испытаны и внедрены на заводе ЖБК-100 (г. Томск) железобетонные сваи длиной 9 м Х-образного сечения с диагональным армированием (рис. 2). Их изготавливают в металлических спаренных формах с откидными бортами, к которым для образования треугольных пазов приваривают уголки 150×150 мм. Опыт изготовления свай, транспортирование, забивка, лабораторные и динамические испытания показали их технологичность и надежность. Применение свай Х-образного сечения позволяет сократить расход бетона и арматуры на 25% при одновременном увеличении боковой поверхности на 17%.

Элементы Х-образного сечения с диагональным армированием можно широко использовать в строительстве для колонн, свай-стоек, балок и других конструкций.

Исследование составной оболочки большого пролета в стадии монтажа

Статическая работа отдельных элементов сборных железобетонных оболочек покрытий общественных зданий в стадии монтажа отличается от работы всего покрытия в целом в стадии эксплуатации¹.

Было изучено напряженно-деформированное состояние сложной пространственной конструкции на крупноразмерной модели в масштабе 1:15. Конструкция и модель оболочки (рис. 1) хоккейного стадиона пролетом 116 м в Пензе разработаны МНИИТЭП совместно с НИИЖБ. Исследовали моделирование процесса монтажа и возникающие при этом деформации.

Составная железобетонная оболочка с центрическим пятиугольным планом образована из пяти оболочек — «лепестков» с тороидальной поверхностью радиусом 60 и 80 м (рис. 2). В местах сопряжения «лепестков» и по контуру покрытия находятся стальные арки, которые опираются на пять монолитных железобетонных фундаментов, соединенных монолитными затяжками с арматурой из стали класса А-III. Радиальные арки увеличивают жесткость сооружения в целом и одновременно выполняют роль своеобразного монтажного стенда для сборки покрытия укрупненными секциями.

¹ Хайдуков Г. К., Жуковский Э. З., Шабля В. Ф., Ванькевич В. А. Исследование напряженно-деформированного состояния сборных железобетонных оболочек из укрупненных элементов с учетом условий монтажа. — В кн.: Пространственные конструкции зданий и сооружений. Вып. 3. М., Стройиздат, 1977.

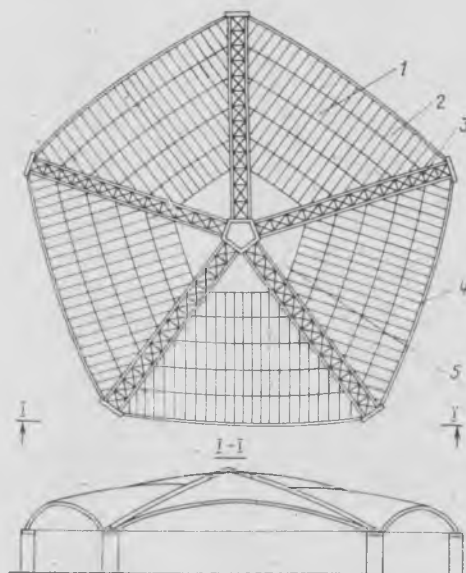


Рис. 2. План составной оболочки хоккейного стадиона в Пензе
1 — элементарная оболочка; 2 — плита; 3 — радиальные арки; 4 — контурные арки; 5 — верхнее кольцо

Элементарные оболочки имеют меридионально-кольцевую разрезку и монтируются из железобетонных цилиндрических ребристых плит основного типа с размерами в плане $2,4 \times 7,2$ м и двух типов доборных плит, изготовленных в форме для основной плиты путем установки борта-отсекателя. Радиальные ме-

таллические арки состоят из двух продольных элементов двутаврового сечения, соединенных между собой связями. Контурные элементы представляют собой стальные двухшарнирные арки коробчатого сечения.

Возведение покрытия начинается с установки центральной и промежуточных монтажных опор, расположенных по контуру и по оси симметрии оболочки-«лепестка». Затем приступают к монтажу оболочек покрытия методом предварительной укрупнительной сборки плит без сплошных лесов. Самонесущие монтажные секции состоят из двух плит и временных затяжек шпиргельного типа. Закладные детали плит сваривают между собой стальными накладками. Секции собирают на специальном стенде, установленном в зоне действия крана. После сварки закладных деталей плит и замоноличивания швов производится раскруживание оболочки-«лепестка», т. е. монтажная оснастка опускается песочными домкратами, устроенными в опорных частях монтажных стоек, и передвигается для монтажа следующей оболочки.

Модель покрытия в виде металлических арок, соединенных с пятью «лепестками», испытывали на специально изготовленном стенде, состоящем из стоек, объединенных по контуру снизу и сверху связями.

Каждый лепесток представляет собой ребристую плиту, с высотой ребер 34 мм, имеющую 252 кессона с толщиной полок 5,2 мм. Железобетонный «лепесток» формовали из песчаного бетона марки М400. Армирование ребер плиты выполняли из проволоки диаметром 1 мм, полок кессонов — из сетки с ячейкой 12×12 мм из проволоки диаметром 0,5 мм.

Радиальные арки состояли из двух ветвей, соединенных сварными накладками, и изготовлялись из листа сечением 120×3 мм и приваренного к его верхнему контуру уголка 32×20 мм. Сечение радиальных арок соответствовало сечению натуральных арок по моменту инерции.

Сечения контурных и внутренних арок представляли собой коробки, сваренные из листов толщиной 2 мм, высотой 94 мм — для контурной и 55 мм — для внутренней арок. Арки приваривали к контурным уголкам «лепестков».

Принятый порядок монтажа модели покрытия моделировал главные стадии строительства натурального сооружения. Монтаж начинается с установки отдельных «лепестков» на смонтированный ранее стенд без радиальных и контурных арок.

Модель загружали с помощью распределительно-загрузочного устройства, которое приводится в действие пятью гидравлическими домкратами грузо-



Рис. 1. Общий вид модели покрытия

подъемностью 250 кН каждый. Общее число точек приложения нагрузки на всей поверхности оболочки составляло 1300, а на радиальных арках — 65.

Прогибы, горизонтальные перемещения и относительные деформации измеряли 60 механическими приборами и 558 тензодатчиками, причем основная часть приборов была сосредоточена на одном «лепестке» и прилегающих к нему арках. На остальной части покрытия приборы устанавливали для контроля и дублирования основных результатов, а также для выявления особенностей поведения конструкции при монтаже.

После приварки к аркам одного «лепестка» и загрузки его нагрузкой от собственной массы приваривали следующий «лепесток» с последующим его нагружением. Таким образом, последующие «лепестки» сваривали с арками в условиях приложенной нагрузки к ранее установленным, что сохраняет полученное к этому моменту напряженно-деформированное состояние оболочки и арок. После монтажа проводили раскружаливание модели покрытия с постепенным опусканием центральной опоры, установленной на клиновом домкрате.

Для контроля результатов монтажа процесс повторяли. На основе экспериментальных прогибов модели анализировали поведение поля оболочки, радиальных и контурных арок сооружения. На рис. 3 показаны прогибы в точках a , b , v относительно радиальных арок по мере последовательного нагружения «лепестков» нагрузкой, соответствующей собственной мере конструкций. При этом циклы исследования соответствуют этапам монтажа натурного покрытия. На этапе I собирают и замоноличивают оболочки № 1 и 4. Поскольку эти оболочки имеют диаметрально противоположное расположение и не связаны одна с другой, то этот этап можно считать этапом изучения работы отдельной стоящей оболочки. Этап II характеризуется включением в работу оболочки № 2, смежной с оболочкой № 1. Возникающие при этом горизонтальные силы передаются на систему радиальных и контурных арок. На этапе III устанавливают оболочки № 3 и 5 и вся система замыкается. Полученное покрытие можно рассматривать как шатровую оболочку, опирающуюся на контур и центральную опору. После опускания монтажной центральной опоры (этап IV) система превращается в модель полигональной оболочки покрытия хоккейного стадиона. Поведение точек a , b , v (см. рис. 3), занимающих различное положение по отношению к контурным элементам «лепестка», различно. При включении в работу второй оболочки прогибы поля на этапе I уменьшаются. На этапе III прогиб точки a вблизи внутренней арки практически уменьшается до 0, а прогибы точек в середине «лепестка» b и вблизи контурной арки v начинают нарастать. После раскружаливания и включения в работу системы полным пролетом (этап IV) прогибы увеличиваются на 4—11% по сравнению с прогибами шатровой оболочки.

Из четырех рассмотренных типов конструкций (треугольной оболочки, двух смежных, соединенных между собой оболочек, шатровой и составной пятиугольной оболочки) наиболее жесткой оказалась оболочка, полученная сочетанием

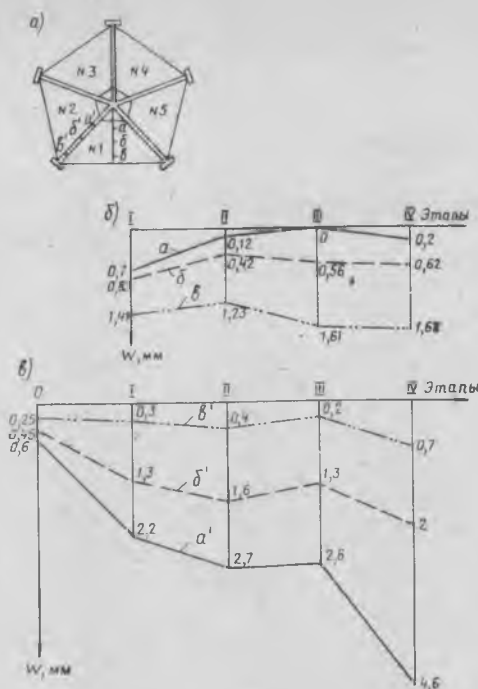


Рис. 3. Прогибы оболочки в монтажной стадии от нагрузки

$q = 562 \text{ кгс/м}^2$ a — схема установки «лепестков»; b — прогибы поля оболочки относительно радиальных арок; a' — прогибы радиальной арки

нием двух смежных треугольных оболочек.

Принятая последовательность монтажа такова, что при переходе от этапа к этапу радиальные арки работают достаточно равномерно, в отличие от поля оболочек. При опускании центральной монтажной опоры прогибы радиальных арок существенно увеличиваются и соответствуют прогибам конструкции, работающей по расчетной схеме в стадии эксплуатации сооружения. Арки, образующие контур сооружения, в отличие от радиального каркаса, включаются в работу постепенно по мере монтажа «лепестков» и превращения всей системы в шатровую оболочку и затем в покрытие купольного типа.

Изучение работы оболочек в стадии монтажа позволяет также сопоставить деформированное состояние арок в разных конструктивных схемах. Так, прогибы точек a^1 , b^1 , v^1 , полученные опытным путем в двух расчетных схемах — при работе «лепестка» покрытия по балочной схеме (радиальные арки загружены массой условного балочного покрытия) и в оболочке шатрового типа с опиранием на центральную монтажную опору — с учетом совместной работы арок и оболочки были соответственно равны в первой схеме 4,15; 3,11; 1,73 мм, а во второй — 2,86; 1,62; 0,25 мм. При работе совместно с оболочкой прогибы арок на 30—80% меньше, чем при работе по балочной схеме.

Визуальные наблюдения за трещиноподобностью конструкции модели показали, что видимых трещин в стадии возведения не обнаружено. Трещины, возникшие при изготовлении лепестков, с шириной раскрытия 0,05—0,07

мм в процессе монтажа не раскрывались.

Была проведена аналогия между работой составной оболочки зала «Дружба»² и исследованной конструкцией в процессе монтажа. В обеих конструктивных формах выполняли последовательный монтаж боковыми оболочками. В оболочке зала «Дружба» в связи с отсутствием радиального каркаса из арок каждая из оболочек работала преимущественно по балочной схеме, поэтому сечение ребер и их арматура определялись в основном стадией монтажа. Оболочки испытывали значительные растягивающие усилия и моменты; в них были обнаружены трещины, которые закрылись после раскружаливания и создания единой куполообразной системы. Конструкция оболочки хоккейного стадиона при возведении работает в более благоприятных условиях благодаря постепенному включению в работу отдельных «лепестков». Однако при этом увеличивается расход стали из-за применения в конструкции системы радиальных арок.

Проведенные исследования составной полигональной оболочки на крупномасштабной модели показали, что применение конструктивных систем в виде сочетаний треугольных оболочек создает благоприятные условия для их статической работы в стадии монтажа. Последовательный монтаж элементарных оболочек с постепенным их включением в работу приводит к созданию конструктивных схем, отличающихся одна от другой, но более рациональных, чем отдельная треугольная оболочка.

² Г. Н. Львов, Э. З. Жуковский, В. Ф. Шабля и др. Железобетонная оболочка покрытия зала «Дружба». — Бетон и железобетон, 1980, № 9.

Книги стройиздата 1981 года

Автоклавный ячеистый бетон: Пер. с англ./Г. Бове, Н. Брайт, Ф. Лейтх и др. — М., Стройиздат, 1981. — 5 л., ил. — 55 к, 3000 экз.

Ахвердов И. Н. Основы физики бетона. — М., Стройиздат, 1981. — 28 л., ил. — В пер.: 2 р. 10 к., 8000 экз.

Баженов Ю. М. Бетонополимеры. — М., Стройиздат, 1981. — 25 л., ил. — В пер.: 1 р. 60 к., 10000 экз.

Болквадзе Л. С. Бетоны автоклавного синтеза из новых сырьевых материалов. — М., Стройиздат, 1981. — 10 л., ил. — 55 к.

Бузырев В. В., Водопьянов Г. И., Рамин Е. Л. Автоматизированные системы управления крупнопанельным домостроением. Л., Стройиздат, 1981. — 12 л., ил. — 70 к., 7000 экз.

Прогибы и выгибы элементов
с поперечными трещинами обжатия

Железобетонные преднапряженные балки и плиты с поперечными трещинами обжатия на некоторых этапах работают с пониженной жесткостью, что увеличивает перемещения под нагрузкой и выгибы. В результате прогибы конструкции оказываются в допустимых пределах или выходят за них. После образования трещин обжатия снижаются высота сечения и эксцентриситет силы обжатия. Первый фактор увеличивает напряжения, деформации и выгибы; второй — снижает их. Из-за ползучести бетона уменьшаются усилие обжатия и эксцентриситет, что способствует более быстрому затуханию выгибов во времени, чем в элементах без трещин. Процесс зависит от различных факторов, однако благодаря небольшому армированию зоны расположения трещин обжатия наиболее просто он может быть описан с использованием относительной высоты сохранившегося бетонного сечения: $\lambda = p/h = (h - h_T)/h$ (h — полная высота сечения; h_T — глубина трещин обжатия). В работе [1] h_T определяют из условий равновесия сечения, с учетом неупругих деформаций бетона. При $h_T \leq 0,5h$ на практике удобно пользоваться эмпирической формулой СНиП 11-21-75:

$$h_T = h - (1,2 + m) \xi h_0. \tag{1}$$

Исследования выгибов и прогибов производили на балках, различающихся размерами, армированием и поперечным сечением [2]. График деформирования элемента с трещинами обжатия (рис. 1) можно разбить на следующие этапы: от начала обжатия до образования трещин при силе — $N_T(1)$; от обжатия этой силой до полной силы обжатия — $N_0(2)$;

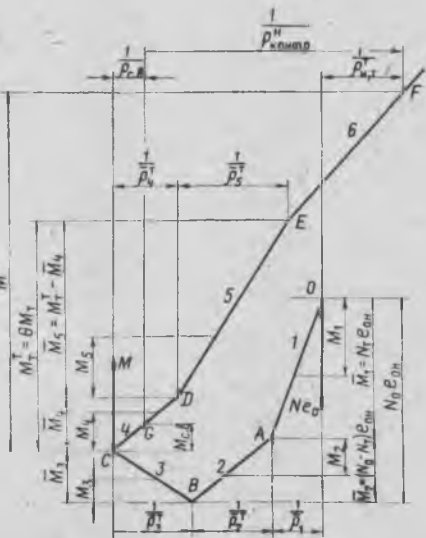


Рис. 1. Схема кривой деформирования преднапряженного элемента с трещинами обжатия 1—3 — этапы обжатия; 4—6 — этапы загрузки внешней нагрузкой

выдерживание в обжатом состоянии в течение t сут (3); от начала приложения внешнего изгибающего момента до достижения им величины $\bar{M}_4$, приводящего к закрытию характерной первой (главной) части трещины (4); от момента $\bar{M}_4$ до момента трещиностойкости обжатой зоны M_T^T (5); выше M_T^T (6).

Приближенно, в пределах каждого этапа, нарастание кривизны можно рассматривать как линейное, причем в каждый момент на этапе k она равна сумме всех проявившихся приращений кривизн, т. е.:

$$\frac{1}{\rho} = \sum_{i=1}^{k-1} \frac{1}{\rho_i} + \frac{1}{\rho_k}; \tag{2}$$

$$\frac{1}{\rho_k} = \frac{1}{\rho_k} \frac{M_k}{M_k}. \tag{3}$$

В табл. 1 приведены выражения для определения приращений кривизны и моментов на каждом этапе. В формуле (2) следует учитывать знаки кривизны. Жесткости целых сечений, без трещин, в стадии обжатия $B_0 = 0,85 E_{bt} I_n$, а в стадии изгиба в возрасте $t - B_t = 0,85 E_{bt} \times \times I_n$. Коэффициент c зависит от влажности сореды и принимается по табл. 35 СНиП. Коэффициенты k_2 и k_5 характеризуют изменение кривизны на данном этапе деформирования по сравнению с расчетом без учета трещин обжатия, а k_3 — увеличение кривизны за время от обжатия до нагружения. Они получены экспериментально (рис. 2, табл. 2) в функции от λ и зависят от формы поперечного сечения элемента. Наибольшее увеличение начальных выгибов при образовании трещин обжатия отмечается в образцах с верхней полкой.

Функция роста выгибов во времени принята в виде

$$M_3 = \frac{51 t}{50 t + 100} \tag{4}$$

Таблица 1

№ этапа	Промежуточные приращения на этапе		Полные приращения на этапе	
	M	$1/r$	$\bar{M}$	$1/\bar{r}$
1	M_1	$\frac{1}{\rho_1} = \frac{M_1}{B_0}$	$\bar{M}_1 = N_T e_0$	$\frac{1}{\rho_1} = \frac{\bar{M}_1}{B_0}$
2	$M_2 = (N - N_T) e_0$	$\frac{1}{\rho_2^T} = \frac{M_2}{B_0} k_2$	$\bar{M}_2 = (N_0 - N_T) e_0$	$\frac{1}{\rho_2^T} = \frac{\bar{M}_2}{B_0} k_2$
3	$M_3 = \frac{51 t}{50 t + 100}$	$\frac{1}{\rho_3^T} = \frac{1}{\rho_3^T} M_3$	$\bar{M}_3 = 1$	$\frac{1}{\rho_3^T} = \left(\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2^T} \right) (c - 1) k_3$
4	$M_4 = M$	$\frac{1}{\rho_4^T} = \frac{1}{\rho_4^T} \frac{M_4}{M_4}$	$\bar{M}_4 = 0,08 \bar{M}_3 t \ (t \leq 10)$	$\frac{1}{\rho_4^T} = 0,08 \frac{1}{\rho_2^T} t \ (t \leq 10)$
5	$M_5 = M - \bar{M}_4$	$\frac{1}{\rho_5^T} = \frac{M - \bar{M}_4}{B_t} k_5$	$\bar{M}_5 = M_T^T - \bar{M}_4$	$\frac{1}{\rho_5^T} = \frac{\bar{M}_5}{B_t} k_5$

Таблица 2

Сечение элемента	k_2	k_3	k_5^*
Тавровое с нижней (обжатой) полкой	3—2λ	0,4—0,6λ	1,8—0,8λ
Прямоугольное	3—2λ	0,4—0,6λ	2,5—1,5λ
Двутавровое	5—4λ	—0,6+1,6λ	2,5—1,5λ
Тавровое с верхней (необжатой) полкой	5—4λ	—0,6+1,6λ	1,8—0,8λ

При достижении M_T^T образуются трещины в обжатой зоне. Обычно при $\lambda \geq 0,5$ к этому моменту трещины обжатия закрываются.

При подготовке СНИП стремились максимально упростить расчет кривизны элементов с трещинами обжатия [4]. Однако определенный таким образом кратковременный выгиб для прямоуголь-

ной нагрузки. Величина $\frac{1}{\rho_n}$ представляет найденное по СНИП приращение кривизны элемента без трещин при кратковременном приложении нормативного изгибающего момента; $\frac{1}{\rho_{с.в}}$ — момент от собственной массы; $\frac{1}{\rho_{н.т}}$ — кривизна

элемента с трещинами обжатия и трещинами в обжатой зоне при кратковременном действии нормативного момента, определенная по нормам со снижением усилия N_0 на величину $0M_0$, при этом кривизну длительной части выгиба

$1,25 \frac{1}{\rho_{в.п}}$ вычитать не следует. В про-

тивном случае в двух последних строках табл. 3 следует при расчете по формуле

(2) добавлять $\frac{1}{\rho_3}$, а по СНИП —

$1,25 \frac{1}{\rho_{в.п}}$.

Таблица 3

Случай расчета	Расчет по формуле (2)	Расчет по методике СНИП
$M^H \leq M_T^T$	$\frac{1}{\rho_4^T} \left(1 - \frac{M_{с.в}}{M_4} \right) + \frac{1}{\rho_5^T} \frac{M^H - M_4}{M_4}$	$1,15 \left(\frac{1}{\rho_n} - \frac{1}{\rho_{с.в}} \right)$
$M^H > M_T^T$	$\frac{1}{\rho_1^T} + \frac{1}{\rho_2^T} + \frac{1}{\rho_{н.т}^T} - \frac{1}{\rho_4^T} \frac{M_{с.в}}{M_4}$	$\frac{1}{\rho_{н.т}^T} + 1,15 \frac{1}{\rho_n} - 1,15 \frac{1}{\rho_{с.в}}$

В первое время выгибы увеличиваются быстрее, чем без трещин обжатия, но через 10—15 сут их рост практически останавливается. Если при обжатии возникли глубокие трещины и большие выгибы, то с течением времени они увеличиваются незначительно. Наибольший относительный рост выгибов по сравнению с начальным наблюдается при отсутствии трещин обжатия.

При нагружении внешним моментом происходят быстрое закрытие трещин обжатия и рост прогибов, затем процесс замедляется, что связано с включением в работу все большей высоты сечения. На рис. 1 точка D приблизительно разграничивает участки быстрого и медленного роста прогибов. Ее положение по высоте, полученное опытным путем, зависит от $m = N_T/N_0$ и времени t выдерживания обжатого бетона без нагрузки. Приближенно

$$\bar{M}_4 = 0,08 (N_0 - N_T) e_0 t = 0,08 M_2 t. (5)$$

При $t \geq 10 \bar{M}_4$ не зависит от t , тогда $t = 10$.

На этапе 5 при смыкании краев трещин сечение восстанавливается не полностью — при сжатии начальное разрыхление краев трещин уменьшается.

и тавровых с нижней полкой сечений близок к опытному лишь при $\lambda = 0,7 \dots 0,8$, а для двутавровых и тавровых с верхней полкой сечений при $\lambda = 0,8 \dots 0,9$. С уменьшением λ он ниже опытного, с увеличением — выше. Длительный выгиб обычно больше опытного в среднем на 8—10%, поэтому расчет по формуле (2) предпочтительнее.

Погрешности в выгибах сказываются на прогибах, отсчитываемых от начальных, (нулевых) состояний тем больше, чем ближе точка F (см. рис. 1) к вертикальной оси, проходящей через точку O. При реальных значениях прогибов они составляют до 5—10%. Относительные погрешности возрастают при $M^H < M_T^T$ и при расчете контрольных перемещений.

С учетом СНИП, контрольные прогибы подсчитывают согласно Руководству [4]. Из-за приближенности принятых коэффициентов (1,15 и 1,25) определенные таким образом прогибы иногда заметно отличаются от опытных.

В табл. 3 даны приращения кривизны для расчета контрольных прогибов при заводских испытаниях элементов с трещинами обжатия в интервале от приложения собственной массы до норматив-

Расчеты показали, что при испытаниях должны назначаться несколько большие контрольные перемещения, чем без трещин обжатия. Однако это не означает, что прогибы, отсчитываемые от начального состояния до обжатия, также всегда будут больше, поскольку в элементах с трещинами обжатия увеличиваются и выгибы.

Выводы

Кривую деформирования элементов с трещинами обжатия можно приближенно представить в виде шести участков. Основанная на этом методика расчета даст более точные значения прогибов и выгибов, в частности величины контрольных прогибов для заводских испытаний готовой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цейтлин С. Ю. Исследование предварительно-напряженных элементов с трещинами, образующимися при внецентренном обжатии. — Бетон и железобетон. 1966, № 5.
2. Цейтлин С. Ю., Шукин В. С. Образование трещин при внецентренном обжатии железобетонных элементов тавровых и двутавровых сечений. — В сб. трудов ВНИИЖелезобетона, вып. 10, 1965.
3. Цейтлин С. Ю. Расчет предварительно-напряженных элементов с трещинами обжатия. — Бетон и железобетон, 1977, № 1.
4. Руководство по проектированию предварительно-напряженных железобетонных конструкций из тяжелого бетона. — М., Стройиздат, 1977.

Шлакопемзобетон для звукоизолирующих и несущих панелей

В панельном девятиэтажном жилом доме несущие межквартирные стены выполняют сплошными однослойными из тяжелого бетона марок М150—М200, толщиной 160 мм. Согласно СНиП II-12-77, при поверхностной плотности 407 кг/м² такие стены обеспечивают индекс изоляции воздушного шума не менее 50 дБ.

Исследованиями установлена зависимость индекса изоляции воздушного шума от модуля упругости (E_6) и объемной массы γ_6 легкого бетона, используемого в ограждении. Для обеспечения нормативной звукоизоляции необходимо, чтобы эквивалентная поверхностная плотность m_3 была не менее 407 кг/м². При этом

$$m_3 = \gamma_3 \delta,$$

где $\gamma_3 = K \gamma_6$ — эквивалентная объемная масса бетона; δ — толщина стены;

$$K = 2,26 \sqrt{\frac{E_6}{\gamma_6^3}}$$

Для изготовления бетонной смеси использовали криворожский шлакопемзобетонный щебень объемной насыпной массой 740 кг/м³, прочностью 1,48 МПа; речной песок с $M_{кр} = 1,9$; портландцемент марки 400 Воскресенского завода. Подвижность смеси была принята для горизонтального способа формирования, $O. K. = 1—2$ см. В соответствии с рекомендациями [1], варьировался агрегатно-структурный фактор $\frac{M}{M+K}$, где M и K со-

ответственно объем мелкого и крупного заполнителей в сумме пофракционных объемов; 0,38; 0,43 и 0,57 при ПК = 20 мм. Для каждого значения агрегатно-структурного фактора был принят расход цемента от 320 до 447 кг/м³ (табл. 1). Для сопоставления использовали тяжелый бетон на известняковом щебне при общепринятом значении $\frac{M}{M+K} = 0,32$. Начальный модуль упругости и призмную прочность определяли по методике [2]. Результаты испытаний кубов с размером ребра 15 см и призм размером 15×15×60 см приведены в табл. 2. Для данной прочности расход цемента шлакопемзобетона при $\frac{M}{M+K} = 0,43$ и 0,57, почти одинаков. Наименьший расход цемента соответствует $\frac{M}{M+K} = 0,38$. Расход цемента марки 400 для шлакопемзобетона марки М200 составил при $\frac{M}{M+K}$, равном 0,38, 0,43 и 0,57, соответственно, 360, 400, 420 кг/м³. Объемная масса сухого шлакопемзобетона марки М200 составляет 1780—

Таблица 1

$\frac{M}{M+K}$	Расход материалов, кг на 1 м ³				
	шлаковой пемзы фракций		кварцевого песка	цемент	воды
	10—20	5—10			
Шлакопемзобетон					
0,38	350	210	847	320	227
0,38	332	203	806	389	215
0,43	304	219	853	369	245
0,43	291	199	809	447	236
0,57	213	155	1042	373	235
0,57	204	146	1014	427	258
Бетон на известняковом щебне					
0,32	744	488	686	291	199
0,32	703	465	652	364	201

$$\frac{M}{M+K} = 0,38; 19,4 \text{ МПа при } \frac{M}{M+K} = 0,43;$$

$$24,2 \text{ МПа при } \frac{M}{M+K} = 0,57. \text{ Эти значения}$$

прочности шлакопемзобетона обеспечиваются при расходе цемента соответственно 426, 387 и 490 кг/м³. Шлакопемзобетон марки М200 при $\frac{M}{M+K} = 0,43$ с расходом цемента 395 кг/м³ и толщине несущей межквартирной панели стены 180 мм обеспечивает требуемую звукоизоляцию.

Таким образом, структура шлакопемзобетона марки М200, определяемая агрегатно-структурным фактором, равным 0,43, является оптимальной при заданной

Таблица 2

$\frac{M}{M+K}$	Объемная масса бетона, кг/м³		$R_{\text{проп}}$ МПа	R_{11} МПа	$R_{\text{пр}}$ МПа	$E \cdot 10^{-3}$ МПа	γ_3 кг/м³	$\frac{R_{\text{проп}}}{R_{11}}$	$\frac{R_{\text{пр}}}{R_{21}}$
	пропаренного $\gamma_{\text{пр}}$	сухого γ_6							
Шлакопемзобетон									
0,38	1854	1775	13,6	17,5	17,2	15,9	2140	0,78	0,98
0,38	1867	1788	16,7	21,7	20,3	17,9	2261	0,77	0,93
0,43	1894	1800	14	18,2	17,8	17,5	2228	0,77	0,98
0,43	1914	1813	17,2	23,2	22,1	19,1	2320	0,74	0,95
0,57	1938	1841	12,4	17,1	13	16,3	2126	0,72	0,76
0,57	1980	1854	15,4	20,1	17	17,3	2183	0,76	0,84
Бетон на известняковом щебне									
0,32	2320	2252	—	17,1	13,1	20,8	2252	—	0,76
0,32	2311	2239	—	24,6	18,2	22,5	2239	—	0,74

1850 кг/м³. Модуль упругости превышает нормативный примерно на 13—20%. Наибольшая объемная эквивалентная масса шлакопемзобетона марки М200 достигается при $\frac{M}{M+K} = 0,43$. Для обеспече-

ния требуемого индекса изоляции воздушного шума 50 дБ при толщине межквартирных стен 180 мм из бетона на пористых заполнителях эквивалентная объемная масса должна быть не менее 2250 кг/м³. Объемная масса бетона на известняковом щебне марок М150, М200 та же и, в соответствии со СНиП II-12-77 и [3], толщина межквартирных стен должна быть не менее 180 мм (в практике строительства принято 160 мм).

Оптимальную структуру шлакопемзобетона несущих межквартирных стен определяли при агрегатно-структурном факторе, равном 0,38; 0,43 и 0,57 и объемной эквивалентной массе 2250 кг/м³. Требуемая эквивалентная объемная масса достигается при различной прочности в зависимости от структуры: 24,4 МПа при

толщине 180 мм несущих межквартирных стен для 9—16-этажного дома.

Натурные исследования в жилом доме Липецка звукоизоляции межквартирных стен толщиной 160 и 180 мм из шлакопемзобетона марки М200 при $\frac{M}{M+K} = 0,43$ показали, что для обеспечения нормативной звукоизоляции достаточная толщина стены 160 мм. При этом необходимо выполнить все требования проекта по устранению сквозных отверстий в межквартирных стенах и существенно повысить уровень технологии заводского и строительного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по технологии заводского производства и контролю качества легкого бетона и крупнопанельных конструкций жилых зданий. М., ЦНИИЭП жилища, 1960.
2. Квиринадзе О. П. Методика определения прочностных и деформативных характеристик легкого бетона и цементно-песчаного раствора. Тбилиси, Соброта Сокартвело, 1971.
3. Крейтан В. Г. Обеспечение звукоизоляции при конструировании жилых зданий. М., Стройиздат, 1980.

Деформации высокопрочного бетона при кратковременном нагреве

Для расчета огнестойкости железобетонных конструкций в НИИЖБ было изучено влияние кратковременного нагрева на температурные деформации высокопрочного бетона марок М600 и М800 на призмах размером $10 \times 10 \times 40$ см.

Состав бетона марки М600 1 : 2,16 : 3; В/Ц=0,5; марки М800 1 : 0,9 : 1,8; В/Ц=0,36. Крупным заполнителем служил гранитный щебень фракции 10—15 мм, а мелким — речной песок модулем крупности 1,73. Влажность высокопрочного бетона в начале нагрева — 3%, призмальная прочность в возрасте 28 сут для первого состава — 46 МПа, для второго — 66 МПа.

Призмы равномерно нагревались со скоростью 30—50 град/ч до 800°C. Деформации измеряли через каждые 100°C. Было испытано по пять образцов-близнецов бетона каждой марки. С повышением температуры призмальная прочность снижалась и составила при 200°C — 80%, 400°C — 73%, 600°C — 20% и 800°C — 7% призмальной прочности в возрасте 28 сут.

Температурные деформации высокопрочного бетона на гранитном щебне при нагреве до 800°C условно можно представить в трех интервалах (рис. 1).

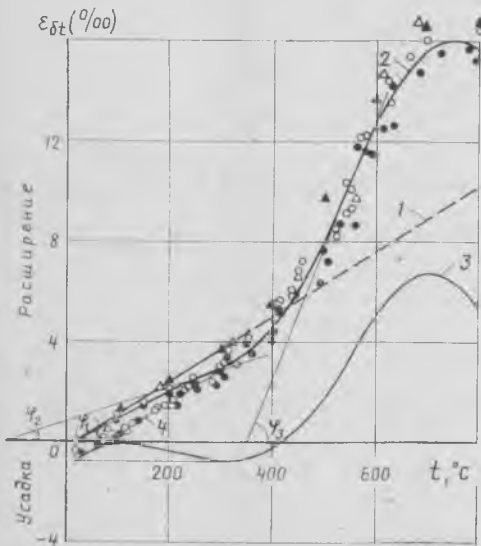


Рис. 1. Температурные деформации высокопрочного бетона марок М600 и М800 на гранитном щебне

1 — температурное расширение ϵ_p ; 2 — аналитическая кривая суммарной температурной деформации $\epsilon_{\delta t}$; 3 — составляющая температурной деформации; 4 — деформация температурного расширения обезвоженного бетона; ○ — марки М600; ● — марки М800, при нагреве до 30—50 град/ч⁻¹ (НИИЖБ); ▲ — марки М300, при нагреве до 120 град/ч⁻¹ [4]; △ — марки М800, при нагреве 845°C за 1 ч (ВНИИПО) [5]

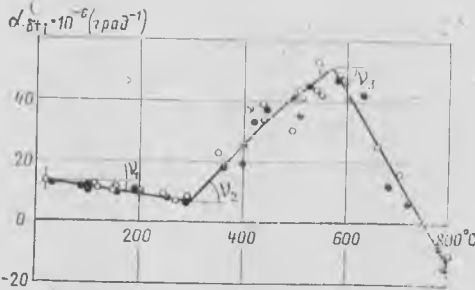


Рис. 2. Коэффициент температурной деформации высокопрочного бетона марок М600 и М800 на гранитном щебне

○ — марки М600; ● — марки М800

При температурах от 20 до 300°C наблюдается удаление свободной, а также физически и химически связанной воды из бетона [1], сопровождающееся интенсивным ростом усадки, замедляющей расширение бетона. Температурные деформации до 300°C имеют очертание выпуклой кривой, угол наклона ϕ_1 касательной к оси абсцисс уменьшается до ϕ_2 [2].

При температурах от 300 до 570°C происходит увеличение объема заполнителя, образование микротрещин вследствие разности температурных деформаций цементного камня и заполнителя [3]. Дегидратация гидросиликата и гидросиликата кальция приводит к нарушению структуры цементного камня, к увеличению объема и нарушению структуры бетона. Угол наклона касательной к оси абсцисс увеличивается до ϕ_3 , что типично для тяжелого бетона на гранитном щебне [4].

При температурах выше 570°C происходит модификация кристаллического кварца в заполнителе, сопровождающаяся значительным увеличением объема минерала, что еще больше нарушает структуру бетона. Температурная усадка, вызванная дегидратацией гидрата окиси кальция [1], замедляет температурное расширение бетона; угол касательной ϕ_3 к оси абсцисс уменьшается.

Температурные деформации высокопрочного бетона при кратковременном нагреве до 800°C предлагается описывать следующей формулой:

$$\epsilon_{\delta t_i}(t) = \epsilon_{\delta t_i}(t_1) + \int_{t_1}^t \alpha_{\delta t_i}(t) dt, \quad (1)$$

где $\alpha_{\delta t_i}(t)$ — коэффициент температурной деформации в рассматриваемом температурном интервале (град⁻¹).

При линейном изменении деформации $\alpha_{\delta t_i}(t) = \alpha_{\delta t_i} = \text{const}$. При ее нелинейном изменении — при нагреве бетона с естественной влажностью — коэффициент температурной деформации, являясь

величиной переменной, равной тангенсу угла наклона касательной к кривой $\epsilon_{\delta t_i}(t)$ в точке с заданной температурой, будет определяться по формуле

$$\alpha_{\delta t_i}(t) = \frac{d\epsilon_{\delta t_i}(t)}{dt} = \alpha_{\delta t_i} \pm \alpha_{\delta t_{i-1}}(t) - \alpha_{\delta t_{i-2}}(t), \quad (2)$$

где $i=1, 2, 3$ — рассматриваемые температурные интервалы; $\alpha_{\delta t_i} = \text{tg } \phi_i = \text{const}$ — коэффициенты температурного расширения бетона, представляющие собой начальные тангенсы углов наклона касательных к кривой деформации, характеризующие изменения относительной температурной деформации, вызванное повышением температуры бетона на 1°C; $\alpha_{\delta t_i} = \text{tg } \phi_i =$

$\frac{\epsilon_{p_i}}{(t-t_1)}$; $\text{tg } \phi_2$ и $\text{tg } \phi_3$ — равны первым производным от функции (1), вычисленной при $t_2=300^\circ\text{C}$ и $t_3=570^\circ\text{C}$; $\alpha_{\delta t_{i-1}}(t) = \alpha_{\delta t_{i-1}}(t-t_1)$ и $\alpha_{\delta t_{i-2}}(t) = \rho_{\delta t_i}(t-t_1^2)$ — соответственно линейная

и нелинейная составляющие коэффициента температурной усадки бетона $\alpha_{\delta t_{i-1}}(t)$, при $i=1$ $t_1=20^\circ\text{C}$; при $i=2$ $t_2=300^\circ\text{C}$ и при $i=3$ $t_3=570^\circ\text{C}$; знак плюс в формуле (2) берется для второго интервала; $\alpha_{\delta t_i} = \text{tg } \phi_i = \text{const}$ — коэффициенты, представляющие собой начальные тангенсы углов наклона касательных к кривой $\alpha_{\delta t_i}(t)$ (рис. 2), характеризующие изменение линейных коэффициентов температурной усадки $\alpha_{\delta t_{i-1}}(t)$ в соответствующих интервалах температур, вызванное их повышением на 1°C (град⁻²); $\rho_{\delta t_i} = \text{const}$ — коэффициенты, представляющие собой начальные тангенсы углов наклона касательных к кривым $\alpha_{\delta t_{i-1}}(t)$, характеризующие изменение коэффициентов $\alpha_{\delta t_{i-1}}(t)$, вызванное повышением температуры бетона на 1°C (град⁻³).

Значения коэффициентов $\alpha_{\delta t_i}$, $\alpha_{\delta t_{i-1}}$ и $\rho_{\delta t_i}$ для каждого интервала температур приведены в таблице.

Температурные интервалы, °C	Значения коэффициентов		
	$\alpha_{\delta t_i} \times 10^{-6}$ (град ⁻¹)	$\alpha_{\delta t_{i-1}} \times 10^{-8}$ (град ⁻²)	$\rho_{\delta t_i} \times 10^{-10}$ (град ⁻³)
20 < t ≤ 300	12,9	1,6	0,4
300 < t ≤ 570	6,85	20	2,6
570 < t	51,4	2,8	—

Как показали опыты (рис. 2), коэффициент температурной деформации высокопрочного бетона с естественной влажностью в интервалах от 20 до 570°C изменяется нелинейно, что свидетельствует о наличии нелинейных составляющих коэффициента температурной усадки. От 570 до 800°C коэффициент температурной деформации уменьшается линейно.

Результаты испытаний призм, обработанные с применением формул (1) и (2), свидетельствуют о достаточном соответствии выведенного закона температурной деформации тяжелого высокопрочного бетона при кратковременном нагреве с данными опытов.

Выводы

В высокопрочном бетоне на гранитном щебне при кратковременном нагреве происходят изменения структуры, что оказывает существенное влияние на его температурное расширение.

Коэффициент температурной усадки высокопрочного бетона состоит из линейной $\alpha_{бул}(t)$ и нелинейной $\alpha_{бун}(t)$ составляющих.

Коэффициенты $\alpha_{бр}$, $\alpha_{и}$ и $\rho_{и}$ не зависят от температур.

УДК 691.327+691.175

Д. Ф. КУТЕПОВ, д-р хим. наук; Н. Е. ОГНЕВА, канд. хим. наук;
Т. С. ГУБАНОВА, Г. ВАЛЕНДЗИК, инженеры (МХТИ);
Ю. В. МАКСИМОВ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Бетонополимеры на основе ненасыщенных полиэфиров

Основными пропитывающими материалами для бетонополимеров являются стирол и метилметакрилат. Однако повышенная летучесть этих мономеров и усадка в процессе полимеризации затрудняют их использование для поверхностной обработки бетона, а линейное строение полимеров обуславливает их низкую термостойкость. В то же время хорошо известно, что замена полимера линейной структуры пространственным продуктом позволяет получить термостойкий материал с более высокими физико-механическими показателями.

Была исследована возможность использования для пропитки бетона составов на основе ненасыщенных полиэфиров ПН-35 и ПН-301, изучены их сополимеризация в поровом пространстве и некоторые физико-механические свойства полученных бетонополимеров.

Пропиточный состав содержал ненасыщенный полиэфир и иницирующую систему—гидроперекись изопропилбензола и нафтенат кобальта, взятые в соотношении 4:7. Для уменьшения вязкости в него вводили растворитель 30—70% массы смолы.

Образцами являлись высушенные до постоянной массы кубы мелкозернистого бетона с ребром, равным 3 см, которые после вакуумирования их пропитывали при атмосферном давлении. Полимеризацию проводили под слоем воды, нагретой до 60°C в течение 6 ч.

Было отмечено, что степень превращения полиэфиров, определенная по количеству экстрагируемых, возрастает с увеличением содержания иницирующей системы, но не зависит от объема растворителя в пропиточном составе (см. таблицу). Показано, что в бетонополимере не наблюдается значительного влияния цементного камня на процесс сополимеризации обоих полиэфиров. Исследование влияния концентрации растворителя на прочностные показатели бетонополимера позволили установить, что прочность его снижается в среднем на 6—8 МПа при увеличении на каждые 20% содержания растворителя в пропиточных составах, независимо от типа полиэфира и концентрации инициаторов.

При расчете огнестойкости конструкций из высокопрочного бетона марок М600—М800 при t до 800°C необходимо учитывать его температурные деформации, которые рекомендуется определять с применением формул (1) и (2). Значения коэффициентов $\alpha_{бр}$, $\alpha_{и}$ и $\rho_{и}$ для высокопрочных бетонов на гранитном щебне марок М600—М800 принимать по таблице.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов К. Д., Жуков В. В., Гуляева В. Ф. Тяжелый бетон в условиях повышенных температур, 1972.

2. Зиновьев В. Н. Усадочно-температурные деформации высокопрочного бетона при кратковременном нагреве. В сб.: Исследования сейсмостойкости сооружений и конструкций. Вып. 12(22). Алма-Ата, «Казахстан», 1981.
3. Милованов А. Ф. Расчет жаростойких железобетонных конструкций. М., Стройиздат, 1975.
4. Technische Universität Braunschweig Albeitsbericht 1975/77, Braunschweig, im Juli 1977, p. B3—53.
5. Зиновьев В. Н., Бушев Н. С., Язочкин И. Н. О свойствах высокопрочного бетона на гранитном щебне при нагреве. В сб.: Огнестойкость строительных конструкций. Вып. 8, ВНИПО МВД СССР. М., 1980.

Ненасыщенный полиэфир	Содержание иницирующей системы в пропиточном составе, %	Степень превращения полиэфира, %
ПН-35	1	78/76,6*
	2	85,2/84,5
	3	87,3/86,9
ПН-301	1	81,7/84,9
	2	88,3/86,9
	3	91,2/90,7

* Перед чертой — в блоке; после черты — в бетонополимере.

Установлено, что степень превращения полиэфира ПН-301 и прочность бетонополимера на его основе (рис. 1) оказались выше тех же показателей для ПН-35.

То обстоятельство, что с увеличением содержания инициаторов в пропиточном составе растет предел прочности бетонополимеров, хорошо объясняется большей степенью превращения полиэфира (см. таблицу). Наблюдаемое уменьшение предела прочности при сжатии бетонополимера с увеличением содержания растворителя в пропиточном составе связано с уменьшением количества полимера, вводимого в бетон при разбавлении полиэфира, хотя скорость пропитки при этом значительно увеличивается. Замечено, что при использовании для пропитки полиэфиров,

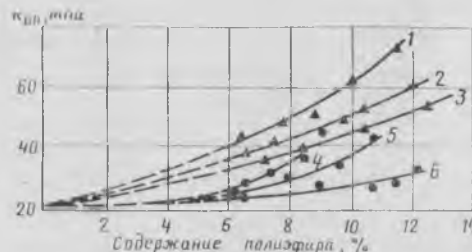


Рис. 1. Зависимость предела прочности при сжатии от содержания отвержденного полиэфира ПН-35 (●) и ПН-301 (▲) в бетонополимере и концентрации иницирующей системы
1 и 4—3%; 2 и 5—2%; 3 и 6—1% иницирующей системы

не содержащих растворителя, при одинаковом времени пропитки количество поглощенного полиэфира всегда выше, чем при использовании пропиточных составов с растворителем.

При измерении водопоглощения бетонополимеров отмечено, что скорость и максимальные величины этого процесса значительно ниже по сравнению с водопоглощением исходного бетона (рис. 2). Это обусловлено уменьшением пористости материала, связанной с увеличением содержания полиэфира. Количество введенной иницирующей системы и, следовательно, степень превращения полиэфира не влияют на водопоглощение бетонополимеров, а максимальное значение водопоглощения (y) находится в линейной зависимости от количества поглощенного бетоном полиэфира (x):

$$y = 9 - 0,5x.$$



Рис. 2. Зависимость водопоглощения бетонополимеров с различным содержанием ненасыщенных полиэфиров (1—5) от времени выдерживания в воде и максимального значения водопоглощения от содержания полиэфира в бетонополимере (6)

1—0%; 2—5,9%; 3—7,2%; 4—8,7%; 5—10,2%; 6—максимальное значение водопоглощения

Таким образом, сополимеризация ненасыщенных полиэфиров в поровом пространстве бетона протекает аналогично блочной сополимеризации, степень превращения полиэфиров не зависит от содержания растворителя в пропиточном составе, увеличиваясь с ростом количества иницирующей системы в нем. При этом предел прочности при сжатии и водопоглощение определяются в основном содержанием ненасыщенного полиэфира в бетонополимере и степенью его превращения.

Из-за повышенной вязкости и низкой летучести пропиточные составы на основе полиэфирных смол ПН-35 и ПН-301 могут быть использованы для поверхностной обработки бетонных изделий и конструкций — увеличения их прочностных показателей, а также снижения водопоглощения и проницаемости.

Моделирование процесса разрушения влажного бетона при нестационарном нагреве

При сушке и первом нагреве тепловых агрегатов, при пожаре в зданиях и сооружениях и в других случаях нестационарного нагрева бетонных и железобетонных конструкций может происходить хрупкое разрушение бетона. Ввиду сложности процессов [1] необходимо исследовать это явление с целью создания физической модели, которая позволила бы описать зависимость разрушения бетона от различных факторов. Эта модель должна быть основана на современных представлениях механики разрушения бетона, связанных с появлением и развитием трещин в его структуре при воздействии внешней среды и нагрузки.

Перед нагревом в бетоне всегда имеются трещины с шириной раскрытия более 10^{-7} м, которые могут быть частично или полностью заполнены водой при влажности бетона, равной или больше его максимальной сорбционной влажности W_c . Когда температура воды в трещине не достигнет 373 К, начинается ее фазовый переход в пар. В связи с гидродинамическим сопротивлением структуры бетона фильтрации пара давление пара в трещине увеличится, что вызывает появление растягивающих напряжений около трещины. Кроме того, фазовый переход воды в пар создаст неравномерность распределения теплового потока [2]. Поверхности трещины будут иметь разную температуру, и в бетоне у конца трещины возникнут касательные напряжения.

От давления пара (или фильтрационных напряжений) и неоднородности теплового потока в зоне трещины возникнет сложное напряженное состояние (рис. 1), которое может привести к ее развитию, т. е. к разрушению бетона (откол кусков от изделия). Критерий локального разрушения для этого случая записывается как зависимость между коэффициентом интенсивности напряжений первого рода K_I , его критическим значением K_{Ic} и функцией $f_0(\lambda)$, зависящей от $\lambda = K_{II}/K_I$ (K_{II} — коэффициент интенсивности напряжений второго рода [3]):

$$K_{Ic} - K_I f_0(\lambda) = 0. \quad (1)$$

Значения K_I можно выразить через давление пара P , половину длины трещины l и коэффициент ν , зависящий от формы, ориентации, длины и числа трещин. K_{II} пропорционален модулю упругости бетона при нагреве E_{6t} , коэффициенту температурных деформаций α_{6t} , l и коэффициенту φ , являющемуся функцией профиля, ориентации, длины, числа трещин и коэффициента Пуассона. Критерий локального разрушения примет вид

$$\varphi(\lambda) \nu P l - \xi(\lambda) \psi E_{6t} \alpha_{6t} l = K_{Ic}. \quad (2)$$

Из уравнения (2), описывающего процесс разрушения влажного бетона при нестационарном нагреве, можно найти основные критерии стойкости бетона. Если принять, что разрушение происходит от одной дискообразной трещины при $0,3 < \lambda < 2$, то критерий, дающий значение критического градиента температуры, примет вид:

$$R'_{cr} = (7,69 - 6,92 B) A, \quad (3)$$

где

$$A = \frac{K_{Ic}}{\alpha_{6t} l^{1/2}} \left(\frac{1}{E_{6t}} + \frac{\tau}{\eta} \right);$$

$$B = \frac{P l^{1/2}}{K_{Ic}}.$$

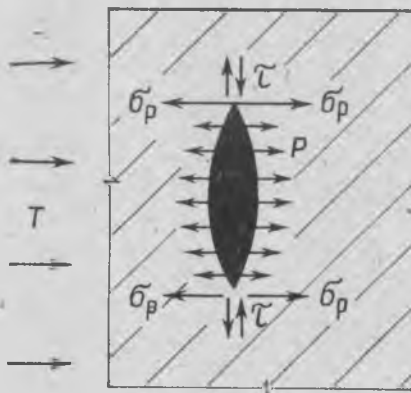


Рис. 1. Схема распределения напряжений в зоне трещины

причем η — коэффициент эффективной динамической вязкости бетона; τ — время нагрева.

При $\lambda \rightarrow \infty$, т. е. при разрушении бетона только от касательных напряжений,

$$R'_{cr} = 6,66 A. \quad (4)$$

При $\lambda \rightarrow 0$, т. е. при разрушении бетона только от избыточного давления пара, критерий имеет значение давления:

$$R'_{cr} = \frac{0,89 K_{Ic}}{l^{1/2}}. \quad (5)$$

При других значениях λ следует принимать $f_0(\lambda)$ в соответствии с работой [3].

Используя опытные величины K_{Ic} , E_{6t} , α_{6t} и R'_{cr} [1] по формулам (3), (4), определили значения половины критической длины трещин l_{cr} (см. таблицу), а также необходимое для разрушения бетона давление пара при $l = 1$ см. Результаты расчета позволили сделать вывод о том, что разрушение бетона возможно в условиях нагрева по кривой стандартного пожара при длине трещины $2l = 1,16 \dots 2,3$ см; $P = 0$; $2l = 0,54 \dots 0,8$ см; $P = 1$ МПа; $2l = 0,44 \dots 0,66$ см; $P = 1,5$ МПа; для первого нагрева жаростойких бетонов со скоростью 100 К/ч при $2l = 2,52 \dots 9,86$ см; $P = 0$ без учета деформаций ползучести бетона; при $2l = 3,4 \dots 18,96$ см; $P = 0$ с учетом деформаций ползучести; при $2l = 0,92 \dots 1,22$ см, $P = 1$ МПа; при $2l = 0,76 \dots 1$ см, $P = 1,5$ МПа.

Имеющиеся данные [4] подтверждают возможность присутствия в бетоне до нагрева трещин длиной, равной максимальному размеру крупного заполнителя. При плотных заполнителях sedi-

Бетон	K_{Ic} , МПа $\times$ см $^{1/2}$	R'_{cr} , К/см	l_{cr} , см, при P , МПа		l_{cr} , см при $P=0$	R_{cr} , МПа
			1	1,5		
Обычный с крупным гранитным заполнителем марки М300	2/1,9*	137/100**	0,31/0,27**	0,26/0,22**	0,83/0,58**	1,78/1,61*
То же, М700	3,5/3,7	137/100	0,39/0,3	0,32/0,27	1,1/0,69	3,1/3,3
То же, с известняковым, М300	2,6/3,3	151/109	0,4/0,34	0,33/0,29	1,15/0,79	2,3/2,9
То же, с керамзитовым М200	1,5/1,6	180/150	0,37/0,33	0,3/0,27	1,03/0,98	1,3/1,4
Жаростойкий бетон на портландцементе с шамотным заполнителем	3,3/2,5	80/46	0,61/0,46	0,5/0,38	2,4/1,4	2,9/2,2
То же, на жидком стекле	3,6/5,4	80/46	—/—	—/—	4,9/2,6	3,2/4,8
То же, на глиноземистом цементе	2,1/2	80/46	—/—	—/—	2,3/1,3	1,9/1,8

* Перед чертой — $T = 378$ К; после черты — 473 К.

** Перед чертой — максимальное значение; после черты — минимальное.

ментационные полости под ними являются такими трещинами. В растворной части бетона вокруг заполнителей иногда наблюдаются усадочные трещины [4]. Крупный заполнитель можно рассматривать как трещину в более однородной массе раствора [5]. Следовательно, в обычном бетоне практически всегда имеются трещины, способные быть причиной разрушения при нагреве в условиях пожара, если влажность бетона больше W_c . Для жаростойких бетонов, нагреваемых по значительной более мягким режимам, наиболее вероятно разрушение от совместного действия касательных и растягивающих напряжений в зоне трещины, т. е. в присутствии избыточного давления пара в бетоне. Бетоны на глиноземистом цементе и жидком стекле имеют более высокую стойкость, чем на портландцементе, вследствие их более крупнопористой и проницаемой структуры и, следовательно, меньшей величины давления пара, а также значительно большей ползучести при нагреве. Снижение количества тонкомолотой добавки, например, с $C:D=1:1$ до $1:0,3$ в составе жаростойкого бетона на портландцементе, приводит к уменьшению R и в результате к повышению стойкости бетона при нестационарном нагреве. Для разрушения бетона только от давления пара величина $R_{cr}'' = R$ должна быть достаточно высокой.

При этом следует иметь в виду, что стойкость бетона зависит от технологии его изготовления, условий хранения изделий, а также внешней среды и нагрузки. Например, при тепловлажностной обработке бетона в его структуре могут быть трещины большей длины, чем в бетоне нормального твердения, что окажет отрицательное влияние на его стойкость при нестационарном нагреве. В связи с этим возникает необходимость контроля качества бетонных и железобетонных изделий для повышения их стойкости. Напряжения от внешней нагрузки или температуры увеличивают длину трещин в бетоне и тем самым влияют на его разрушение.

Для разрушения бетона необходимо, чтобы в изготовленном из него изделии при нагреве было достигнуто критическое значение R_{cr} или R_{cr}'' . Дополнительное условие разрушения — влажность бетона в месте разрушения — равна или больше W_c (рис. 2, 3). При исследованиях и в практике реальных пожаров наблюдается разрушение только при его влажности больше критической, зависящей от состава и технологии изготовления бетона [1]. Эта влажность бетона является средней на глубине примерно 2 см от поверхности изделия и в связи с этим не имеет определенного физического смысла, поскольку фактическая влажность по толщине изделия переменная. Величина сорбционной влажности показана на рис. 4.

Из сказанного ясно, как важно испытывать изделия при влажности бетона, соответствующей эксплуатационным условиям.

Форма откола куска бетона от изделия также может дать некоторую информацию о процессе разрушения. При отколах в виде линз или лещадок существенное влияние оказывают ка-

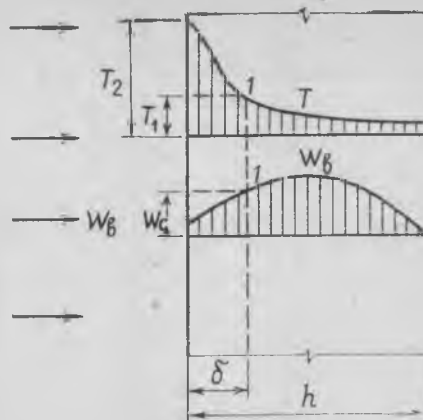


Рис. 2. Распределение температуры T по толщине h бетонного элемента при его одностороннем нагреве и влажности бетона W_B до нагрева (условия разрушения в точке 1: $R_{cr}' = \frac{T_2 - T_1}{\delta}$, $W_B \geq W_c$)

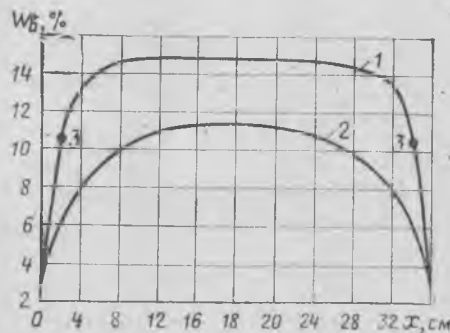


Рис. 3. Опытное распределение влажности W_B по толщине бетонного элемента $h=38$ см до его нагрева в зависимости от расстояния от поверхности x . 1 — влажность в элементе, который разрушился при нагреве в т. 3; 2 — то же, не разрушился

сательные напряжения, изменяющие траекторию движения трещины [3].

Армирование изделий, технология их нагрева, состав бетона, некоторые конструктивные параметры изделия могут оказать влияние на стойкость бетона. При изготовлении, хранении, эксплуатации или нагреве в результате разницы в коэффициентах температурных деформаций арматуры и бетона, их упругих характеристик может увеличиться длина существующих около арматуры трещин или появятся новые. В результате при нестационарном нагреве часто наблюдается откол бетона по сечению с арматурой или в элементах с большим процентом армирования. Применение вяжущих или введение в бетон добавок, увеличивающих трещиностойкость, ползучесть при нагреве или прочность при растяжении, а также использование конструктивных мероприятий по остановке развивающейся трещины (мелкая тонкая сетка в нагреваемом слое изделия, вертикальное армирование) повышает стойкость бетона при нестационарном нагреве.

Выводы

Предложена физическая модель процесса разрушения влажного бетона при нестационарном нагреве, позволяющая

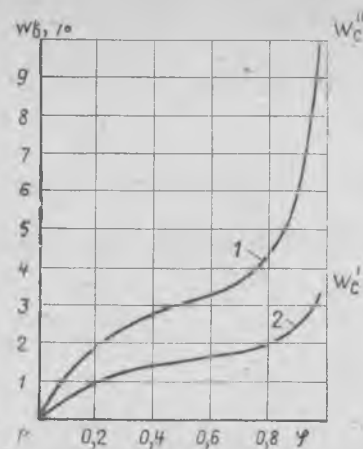


Рис. 4. Зависимость опытной равновесной влажности бетона W_B от относительной влажности воздуха φ . 1 — легкий бетон с пористым заполнителем ($W_c=10,5\%$); 2 — тяжелый бетон с гранитным заполнителем ($W_c=3\%$)

учесть основные факторы, влияние которых наблюдается как при лабораторных исследованиях, так и при эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций.

Приведено значение критериев стойкости бетона при нестационарном нагреве, которые могут быть использованы при выборе режима сушки и первого нагрева, разработке новых составов бетона и анализе процесса его разрушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов К. В., Жуков В. В., Гуляева В. Ф. Сушка и первый нагрев тепловых агрегатов из жаростойких бетонов. М., Стройиздат, 1976.
2. A. L. Florence and T. N. Goodier. The linear thermoelastic problem of uniform heat flow disturbed by a penny-shaped insulated crack. International Engineering Science. Vol. 1.
3. Черепанов Г. П. Механика хрупкого разрушения. М., Наука, 1974.
4. D. R. Mc Creath, J. B. Newman and K. Newman. The influence of aggregate particles on two local strain distribution and fracture mechanism of cement past during drying shrinkage and loading to failure. Materials and Construction Vol. 2., № 7.
5. Кингери У. Д. Введение в керамику. М., Стройиздат, 1967.

Книги Стройиздата
1981 года

Возведение монолитных конструкций зданий и сооружений/Б. И. Березовский, Б. В. Жадаповский, Н. И. Евдокимов и др. — М., Стройиздат, 1981. — 20 л., ил. — В пер.: 1 р. 10 к. 15000 экз.

Гнедовский В. И. Косвенное армирование железобетонных конструкций. — Л., Стройиздат, 1981. — 8 л., ил. — 60 к., 6000 экз.

В. И. ПАВЛОВ, канд. техн. наук (МИСИ); Ф. В. УШКОВ, д-р техн. наук (НИИСФ);
П. АЗИЗОВ, инж. (МИСИ); Н. А. ТАЧКОВА, канд. техн. наук (НИИСФ)

Теплотехнические свойства легких бетонов на жидком стекле

Актуальной проблемой дальнейшего развития народного хозяйства страны является всемерная экономия тепловой энергии. При этом большое значение уделяется повышению теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий. В производственных зданиях с агрессивными средами стены, выполненные из традиционных материалов — кирпича или легкого бетона на цементном вяжущем, разрушаются от химической коррозии и в процессе эксплуатации снижают теплозащитные свойства, поэтому к ним предъявляется требование высокой надежности в специфических условиях эксплуатации, в том числе способность сохранять теплотехнические свойства в агрессивной среде. В этих условиях применяемый для стен теплоизоляционный материал должен быть химически стойким, обладать малой паропрооницаемостью и низкой сорбционной влажностью.

Весьма перспективны в этом отношении легкие кислотоупорные бетоны на пористых заполнителях и связующем из жидкого стекла с добавкой фурилового спирта (легкие полимерсиликатные бетоны) и в некоторых случаях аналогичные бетоны без полимерной добавки. Однако отсутствие данных о тепло-

Таблица 1

№ состава	Расход материалов, кг на 1 м ³ бетона					
	щебень фракций 5—20 мм	песка	муки	стекла жидкого плотностью 1,42 г/см ³	кремнефтористого натрия	фурилового спирта*
1, 1а	515	468	351	242	39	7,3
2, 2а	432	234	341	275	41	8,3
3, 3а	378	109	397	312	47	9,5
4, 4а	674	600	355	233	37	7,4
5, 5а	616	451	416	275	41	8,3
6, 6а	593	109	471	312	47	9,5

* Фуриловый спирт вводили только в составы № 1—6.

изоляционных и сорбционных свойствах, а также паропрооницаемости тормозило внедрение этих бетонов в производство.

Теплопроводность легких бетонов на жидком стекле исследовали на образцах размером 25×25×5 см на приборе Бокка фирмы «Карл Вейс» (ГДР)

Таблица 2

№ состава	Наименование материала	Объемная масса γ_0 , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ_0 , ккал/(м·ч·°C)	Расчетная весовая влажность W , %		Теплопроводность λ , ккал/(м·ч·°C)		Теплоусвоение (при пернорде 24 ч) S , ккал/(м ² ·ч·°C)		Паропрооницаемость μ , г/(м×ч×мм рт. ст.)
				А	Б	А	Б	А	Б	
1; 1а	Керамзитобетон на кварцевом песке и диабазовой муке	1450	0,39	2	4	0,48	0,5	6,31	6,73	0,006
2; 2а	То же, на керамзитовом песке и керамзитовой муке	1150	0,25	7	10	0,35	0,4	5,32	5,99	0,006
3; 3а	То же, на перлитовом песке и керамзитовой муке	1100	0,21	1	6	0,25	0,3	4,14	4,72	0,007
4; 4а	Аглопоритобетон на кварцевом песке и диабазовой муке	1780	0,51	2	4	0,6	0,7	7,97	8,98	0,005
5; 5а	То же, на аглопоритовом песке и аглопоритовой муке	1650	0,43	1,5	3	0,55	0,6	6,95	7,51	0,006
6; 6а	То же, на перлитовом песке и аглопоритовой муке	1400	0,35	2	4	0,42	0,46	6	6,93	0,007

Примечание. А и Б — условия эксплуатации ограждающих конструкций в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности по прил. 2 СНиП II-3-79. Удельная теплоемкость бетонов всех составов 0,2 ккал/(кг·°C).

Методом стационарного режима. Паропроницаемость и сорбционные свойства исследовали по общепринятым методам.

Для изготовления бетонов применяли следующие виды заполнителей: керамзитовый или аглопоритовый щебень, кварцевый, керамзитовый, аглопоритовый или перлитовый песок, диабазовую, керамзитовую или аглопоритовую муку. В качестве вяжущего использовали натриевое жидкое стекло плотностью 1,42 г/см³; в качестве отвердителя — кремнефтористый натрий. Фуриловый спирт добавляли в количестве 3% массы жидкого стекла. Составы бетонов представлены в табл. 1.

Результаты исследований теплотехнических показателей легких кислотоупорных бетонов на пористых заполнителях приведены в табл. 2. Сравнение полученных результатов с данными, приведенными в прил. 3 СНиП II-3-79, показало, что кислотоупорные бетоны на жидком стекле менее теплопроводны, чем бетоны на портландцементе. Так, кислотоупорный керамзитобетон объемной массой 1150 кг/м³ имеет коэффициент теплопроводности $\lambda_0 = 0,25$ ккал/(м·ч·°C), обычный керамзитобетон объемной массой 1200 кг/м³ $\lambda_0 = 0,31$. У кислотоупорного аглопоритобетона объемной массой 1650 кг/м³ $\lambda_0 = 0,46$ ккал/(м·ч·°C); у аглопоритобетона на портландцементе объемной массой 1600 кг/м³ $\lambda_0 = 0,5$.

При введении в состав бетона добавки фурилового спирта коэффициент теплопроводности некоторых видов легких бетонов на жидком стекле снижается. Исследования микроструктуры бетонов показали, что понижение теплопроводности можно объяснить уменьшением диаметра пор при введении в состав бетона полимерной добавки.

В табл. 2 представлены также коэффициенты паропрооницаемости легких бетонов на жидком стекле. Кислотоупорные бетоны на пористых заполнителях имеют значительно меньшую паропрооницаемость, чем бетоны на портландцементе. Так, у кислотоупорного керамзитобетона объемной массой 1150 кг/м³ коэффициент паропрооницаемости $\mu = 0,007$ г/(м·ч·мм рт. ст.); у обычного керамзитобетона объемной массой 1200 кг/м³ $\mu = 0,014$ г/(м·ч·мм рт. ст.). Аналогичные соотношения наблюдались и для других видов бетонов на жидком стекле и портландцементе.

Исследования показали, что легкие кислотоупорные бетоны на жидком стекле менее паропрооницаемы, чем легкие бетоны на портландцементе и пористых заполнителях. Полимерная добавка понижает паропрооницаемость легких бетонов на жидком стекле. При введении ее в состав жидкого стекла уменьшается сорбционная влажность легких кислотоупорных бетонов в результате изменения характера пористости и уплотнения структуры бетона.

Максимальная гигроскопическая влажность легких бетонов на жидком стекле изменялась от 3 до 8% и была ниже, чем у бетонов на портландцементе и аналогичных пористых заполнителях. Отклонение наблюдалось у бетонов, изготовленных на керамзитовых заполнителях (состав № 2а), максимальная гигроскопическая влажность которого составила 12%.

Применение высокопрочного керамзитобетона с пониженной объемной массой

Заводы объединения «Железобетон» ГлавУльяновскстроя освоили производство несущих конструкций из керамзитобетона с пониженной объемной массой. Этому предшествовали работы по выявлению оптимальных составов конструкционного керамзитобетона и изучению его физико-механических свойств. Исследования позволили установить основные условия получения керамзитобетона с заданными свойствами, в том числе с пониженной объемной массой [1].

Установлено, что снижение объемной массы бетона возможно на 500 кг/м³ при сохранении прочности. В производственных условиях получен керамзитобетон марки М400 с $\gamma_{\text{б}}^{\text{сух}} = 1350 \text{ кг/м}^3$ и марки М600 с $\gamma_{\text{б}}^{\text{сух}} = 1570 \text{ кг/м}^3$. При этом расход цемента для бетона марки М400 был меньше установленного СН 386 74 на 30%.

Снижение объемной массы бетона изменяет его прочностные и деформативные характеристики. Предельная растяжимость $\epsilon_{\text{бр}}^{\text{пр}}$ и прочность керамзитобетона на растяжение $R_{\text{р}}$ зависят не только от марки бетона, но и от состава бетонной смеси (жесткости, вида песка, содержания керамзита, его прочностных и деформативных свойств и т. д.). Для керамзитобетона с пониженной объемной массой значения $R_{\text{р}}^{\text{н}}$ и $\epsilon_{\text{бр}}^{\text{пр}}$ возрастают (рис. 1).

СНиП II-21-75 для тяжелого бетона и бетонов на пористых заполнителях устанавливает одинаковое значение призмной прочности в зависимости от марки. Многими исследованиями установлено, что у легких бетонов коэффициент $K = \frac{R_{\text{пр}}^{\text{н}}}{R_{\text{н}}}$ на 10–30% выше, чем у тяжелых (рис. 2).

Объединение «Железобетон» производит ежегодно около 100 тыс. м³ раз-

личных конструкций из керамзитобетона с пониженной объемной массой. При этом она на 200–300 кг/м³ менее нормируемого. На заводах приняты следующие рабочие составы керамзитобетона марки М400 (перед чертой) и М500 (после черты):

Цемент марки М500, кг	470/490
Керамзит ($R_{\text{к}}^{\text{н}} = 5 \text{ МПа}$, $\gamma_{\text{к}} = 550 \text{ кг/м}^3$), л	850/—
Керамзит ($R_{\text{к}}^{\text{н}} = 6 \text{ МПа}$, $\gamma_{\text{к}} = 650 \text{ кг/м}^3$), л	—/900
Песок кварцевый, кг	500/130
Вода, кг	220/225

В объединении «Железобетон» испытывали опытные образцы преднапряженных решетчатых балок пролетом 12 и 18 м на домкратном стенде в соответствии с требованиями ГОСТ 8829–77 (рис. 3) (см. таблицу).

Марка балки	Прочность бетона на моменту испытания, МПа	Расчетная нагрузка, кН	Нормативная нагрузка, кН	Нагрузка, соответствующая появлению трещин, кН	Прогиб, мм	Разрушающая нагрузка, кН
ЗБДР-18	40	171	143	190/130*	58/52**	250
ЗБДРЛ-18	40,4	171	143	240/219	58/54	306
ЗБДРЛ-18	36	135	116	230/167	51/49	243
ЗБДРЛ-12	36,2	144	124	231/220	17/16	269
ЗБДРЛ-12	34,7	125	107	190/131	18/15	208

* Перед чертой — в стойках; после черты — в нижнем поясе.

** Перед чертой — контролируемые; после черты — фактический.

Прочность, жесткость и трещиностойкость балок сравнивали с контрольными значениями этих параметров, приведенных в рабочих чертежах. В таблице для сравнения даны результаты испытания балки пролетом 18 м из тяжелого бетона.

Балки из легкого бетона с напрягаемой арматурой класса А-IIIв отнесены

к третьей категории трещиностойкости с ограничением ширины раскрытия трещин до 0,1 мм для нижних поясов и до 0,15 мм в стойках при воздействии нормативных нагрузок. Появление первых трещин было отмечено при нагрузках, превышающих нормативные в 1,22 раза в нижних поясах и в 1,6 раза в стойках. Высокая трещиностойкость объясняется повышенными значениями предельной растяжимости и прочности на растяжение керамзитобетона с пониженной объемной массой. Более высокое отношение нагрузки появления трещин к нормативной в стойках балок по сравнению с нижним

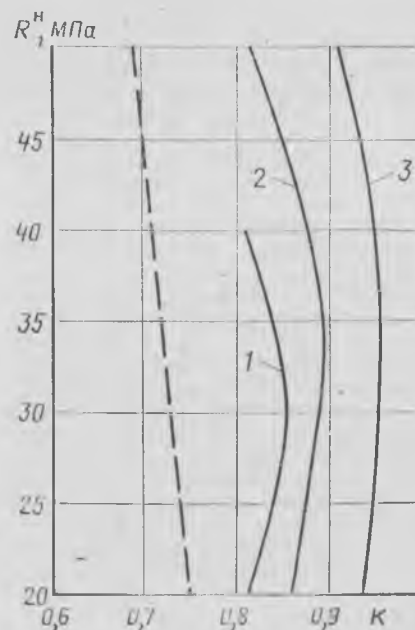


Рис. 2. Изменения коэффициента K для керамзитобетона пониженной объемной массы в зависимости от прочности керамзита

1 — 3 — см. по рис. 1

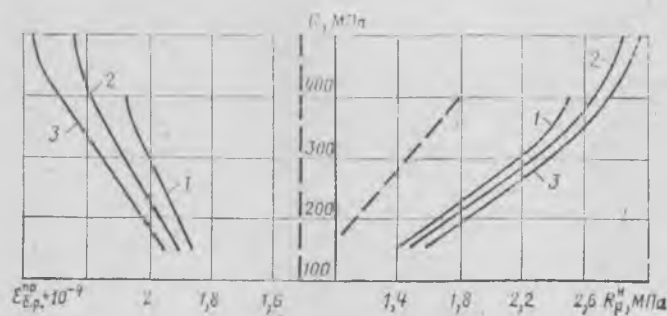


Рис. 1. Предельная растяжимость и прочность на растяжение керамзитобетона пониженной объемной массы в зависимости от прочности керамзита

1 — $R_{\text{к}}^{\text{н}} = 4 \text{ МПа}$; 2 — $R_{\text{к}}^{\text{н}} = 6 \text{ МПа}$; 3 — $R_{\text{к}}^{\text{н}} = 8 \text{ МПа}$; — — — по СНиП II-21-75



Рис. 3. Испытание балки из керамзитобетона

поясом связано с тем, что при отпуске натяжения арматуры происходит перераспределение напряжений в бетоне по сечению элемента, вследствие чего изменяется эксцентриситет обжимающего усилия относительно центра тяжести приведенного сечения нижнего пояса балки (рис. 4). Проведенные ранее исследования показали, что изменение эксцентриситета обжимающего усилия

можно учесть коэффициентом $\alpha_3 = \frac{I_{01}^{\Phi}}{I_{01}^T}$

[2]. Для внецентренно-обжатых керамзитобетонных элементов $\alpha_3 = 1,13 -$

$$0,73 \frac{\sigma_6}{R_0}.$$

Таким образом, в узлах балки фактические моменты от действия обжимающего усилия получаются меньше теоретических, вследствие чего и погашение обжимающих напряжений во время испытания балок происходит ранее теоретического. Для стоек влияние описанного процесса менее заметно, чем для нижнего пояса, поэтому целесообразно размещать преднапряженную арматуру в нижнем поясе не симметрично.

Жесткость изгибаемого элемента из керамзитобетона обычно ниже, чем из тяжелого бетона. С уменьшением объемной массы эта разница повышается, поскольку увеличение выгиба и снижение собственной массы элемента не компенсирует увеличение общего значения прогиба при снижении E_6 . Однако у конструкций с большими нормативными нагрузками, например у керамзитобетонных балок БДРЛ ($P_n > 0,9 P_{расч}$), этого не происходит, так как модули упругости легких бетонов

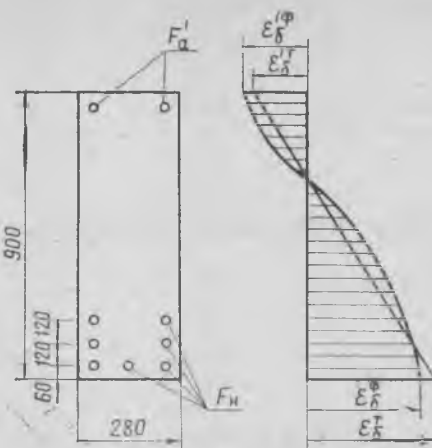


Рис. 4. Распределение деформаций бетона по сечению на расстоянии от торца балки $l = \frac{l}{n}$ при отпуске натяжения арматуры

на 16% ниже, чем у тяжелых, а модули деформации примерно равны. Это обеспечивает у балок из керамзитобетона значения опытных прогибов, близкие к расчетным прогибам балок из тяжелого бетона (см. таблицу).

Разрушение всех балок произошло по сжатому поясу. Отношение опытных разрушающих нагрузок к расчетным у балок из керамзитобетона оказалось выше, чем у балок из тяжелого бетона.

Внецентренно-сжатые элементы из легкого бетона имеют несколько меньшую несущую способность в граничной области и в СНиП II-21-75 для внецентренно-сжатых элементов с целью создания равной надежности для легкого и тяжелого бетонов значения K приняты одинаковыми [3].

Это обеспечивает удовлетворительное совпадение теоретических результатов с опытными данными для перearмированных элементов в граничной зоне, а для внецентренно-сжатых коротких элементов с малыми эксцентриситетами (сжатый по всему сечению верхний пояс БДРЛ) расчетная несущая способность по бетону, без учета фактического значения коэффициента K , на 7—20% ниже опытной. Поэтому несущая способность образцов из керамзитобетона выше, чем из тяжелого бетона той же марки.

В объединении «Железобетон» производство изделий из керамзитобетона с пониженной объемной массой осуществляют по стендовой технологии. Себестоимость их по сравнению с элементами из тяжелого бетона при пролетах 18 и 12 м ниже на 60 и 35 р.

Выводы

Выполненные исследования по получению керамзитобетона с пониженной объемной массой (1350—1500 кг/м³) явились основанием для его производства в Главульновскстрое и использования в несущих конструкциях.

Доказана возможность и экономическая целесообразность применения керамзитобетона с пониженной объемной массой в большепролетных несущих конструкциях для покрытия промзданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудряшова Р. А. Получение керамзитобетона с пониженной объемной массой. — Ульяновский ЦНТИ № 132-77.
2. Ямлеев У. А. Трещиностойкость изгибаемых керамзитобетонных конструкций. — Бетон и железобетон, 1974, № 2.
3. Петрова К. В. Несущая способность коротких сжатых элементов из различных видов легкого бетона на пористых заполнителях. М., Стройиздат, 1975.

ков и ограничений, присущих двухъярусным станам прежних конструкций, дальнейшего улучшения условий труда.

Анализ работы существующих станков показал, что рост их производительности сдерживается процессом термообработки. Размеры прмплощадок, как правило, не позволяют значительно увеличивать длину станков, а следовательно, и камер термообработки.

В связи с этим была предложена схема с размещением дополнительной камеры под основной. Эта схема, получившая название «трехъярусный стан», не требует усложнения подъемно-транспортного оборудования, автоматика управления изменяется незначительно. По сравнению с вариантом дополнительной камеры сбоку от основной во втором ярусе глубина приемков подъемников не увеличивается, поскольку схема не предусматривает наличие передаточной тележки. Уменьшаются площадь ограждающих конструкций и, следовательно, теплотери. Теплотехнические устройства и контрольно-измерительные приборы обслуживаются из одного канала.

Стан на заводе ЖБИ № 21 (рис. 1) состоит из трех ярусов, с рельсовыми путями в каждом, по которым перемещаются формы-вагонетки. На верхнем ярусе, расположенном в уровне пола цеха, производят распалубку и подго-

УДК 69.022.326

М. Б. КАПЛАН, инж. (СКТБ Главмоспромстройматериалов)

Трехъярусный стан для производства панелей внутренних стен и перекрытий

Характерными особенностями технологических линий, получивших названия «двухъярусный стан», являлись конвейерный способ производства, расположение постов и камер термообработки в разных уровнях, применение камер щелевого типа, формование изделий в формах-вагонетках с помощью поверхностной вибрации, применение разнообразных устройств для механизированной отделки свежесформованных изделий и получения поверхностей высокого качества, автоматизация транспортных операций и теплового режима в камере. Этот тип конвейерной технологии получил широкое распространение на предприятиях стройиндустрии и на заводах КПК страны.

С течением времени появились разнообразные модификации станков с виброплощадками, дополнительными каме-

рами, расположенными во втором ярусе сбоку от основной, в третьем ярусе, так называемые наклонно-замкнутые станы, станы с поперечным расположением форм-вагонеток. В настоящее время на предприятиях различных министерств и ведомств работает более 100 линий такого типа. Они стали одним из основных способов конвейерного производства в промышленности сборного железобетона Главмоспромстройматериалов. В настоящее время на станках изготавливают 96% панелей внутренних стен и 42% плит перекрытий.

На заводе ЖБИ № 21 Главмоспромстройматериалов (111524, Москва, Электродный пер., 8) построен цех, оборудованный четырьмя станками нового типа для массового выпуска панелей внутренних стен. При этом ставилась задача устранения недостат-

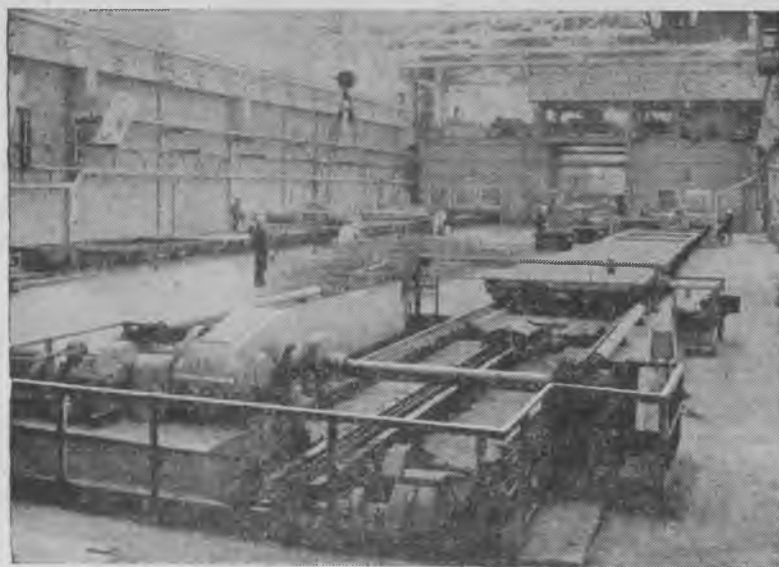


Рис. 1. Трехъярусный стан на заводе ЖБИ № 21 Главмоспромстройматериалов



Рис. 2. Пост формирования в камере шумоглушения

товку форм, укладку и уплотнение бетона, отделку верхней поверхности, а также предварительную выдержку свежесформованных изделий. Каждый из нижних ярусов представляет собой камеру термообработки щелевого типа. Формы-вагонетки с верхнего яруса передаются поочередно на один из нижних снижателей цепного типа, толкатель которого **выдает опущенную форму** в камеру, проталкивая при этом на шаг весь поезд из форм-вагонеток, стоящих в камере яруса. Находящийся в противоположном конце стана подъемник, опустившись в соответствующий ярус, отбирает переднюю форму-вагонетку и поднимает ее на верхний ярус.

Поскольку торцевые грани панелей Единого унифицированного каталога имеют распалубочные уклоны, поперечные борта форм жестко приварены к поддону, благодаря чему формы-вагонетки и по верхнему ярусу перемещаются без разрывов. В новой схеме поезд форм разделен на две части: на постах подготовки формы передвигаются толкателем подъемника, а на постах формирования, отделки и выдерживания введен дополнительно формовочный толкатель. Таким образом, почти все

операции цикла на постах подготовки рабочие выполняют на неподвижной форме-вагонетке, на которую не передается вибрация от формовочного поста. Формовочный толкатель позволяет производить раздвижку форм-вагонеток на посту формирования для чистки рельсового пути, а механизм толкателя не подвержен загрязнению, поскольку вынесен из зоны формирования.

В новом стане сохранен принцип формирования при движении форм-вагонеток и стационарного формовочного оборудования с автоматическим дозированием бетонной смеси за счет сдвига излишков смеси вибробалкой в следующую форму.

Бетоноукладчик с ленточным питателем перемещается только поперек стана по низкому неподвижному portalу. При любом положении бетоноукладчика его бункер остается в пределах загрузочной воронки, поэтому дополнительного времени на его загрузку не требуется.

Распределение, укладку, дозирование и уплотнение бетонной смеси производят вибробалки неразрезного типа, опирающиеся на борта форм. Более интенсивная вибрация позволила увеличить

жесткость укладываемой смеси до 1—2 см осадки стандартного конуса.

Окончательная планировка поверхности изделия осуществляется рейкой, совершающей **возвратно-поступательное движение**.

Стационарный пост формирования позволил закрыть шумящее оборудование камерой шумоглушения (рис. 2).

Пульт оператора вынесен за пределы камеры, наблюдение за работой ведется через застекленные витражи. Уровень шума в зоне работы оператора — в пределах санитарных норм.

Ограждающие конструкции камеры выполнены из кирпича и выложены изнутри матами из супертонкого стекловолокна. На входе формы-вагонетки в камеру расположен звукопоглощающий тоннель длиной 1 м, аналогичный есть на выходе, где он укреплен на подъемных воротах, закрывающих монтажный проем камеры.

Бетоносмесительное отделение размещено непосредственно над постами формирования, благодаря чему тракты подачи сокращены до минимума, упростились их эксплуатация. Особенно целесообразна эта схема при разогреве бетонной смеси в бетономешалке. Нижнее пе-

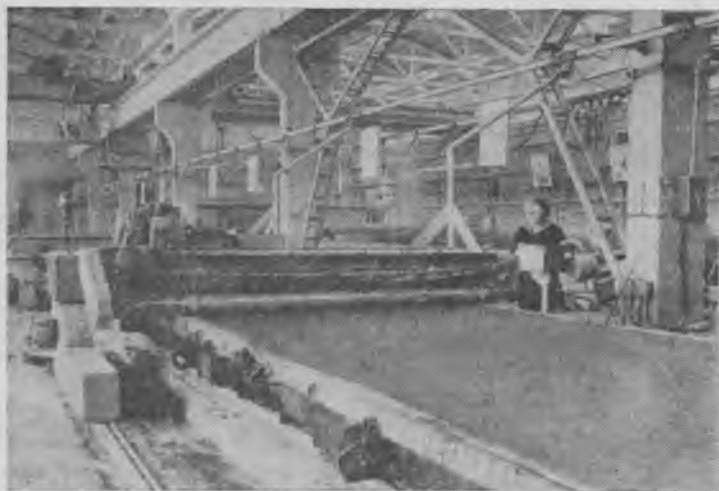


Рис. 3. Валковая отделочная машина



Рис. 4. Дисковая отделочная машина

рекрытие бетоносмесительного отделения одновременно является потолком камеры шумопоглощения.

Для отделки свежесформованных изделий применены самоходные машины (рис. 3, 4). Рабочим органом одной из них служит валок, второй — диск. Оператор вручную прижимает диск к изделию. С помощью шарнирно-рычажного механизма рукоятка управления вынесена к пульту оператора в торце поперечной балки портала.

Качество отделки на новом стане повысилось. Наличие дополнительной камеры термообработки позволило отказаться от предварительного подогрева на верхнем ярусе, но увеличить зону отделки и выдержки изделий. Отделку диском можно производить спустя 0,5—2 ч после формирования, оператор выбирает наиболее готовую для окончательной затирки поверхность изделия.

На стане предусмотрено оборудование для механизированного открывания и закрывания продольных бортов форм. Спроектирован и изготавливается кантователь панелей внутренних стен с их предварительным обжатием.

После выдержки в течение 2 ч на верхнем ярусе форму опускают в один из нижних, где в течение 3 ч поднимают температуру изделия до 95°C. Затем в течение 4 ч форма-вагонетка проходит зону изотермической выдержки, подвергается интенсивному охлаждению в последней зоне, где работают вентиляционные установки. В зоне подъема температуры камера обогревается паро-

выми регистрами (давление пара 500 кПа), в зоне изотермической выдержки пар подается через перфорированные трубы (200 кПа). Теплотехнические параметры зон поддерживают с помощью автоматики. Предусмотрена усиленная тепло-, паро- и гидроизоляция ограждающих конструкций. На границах зон установлены мягкие шторы, в торце у снижателя — жесткие подъемные шторы, перекрывающие весь проем. Из теплотехнического канала, проложенного вдоль камер термообработки, предусмотрена возможность доступа в камеры, через герметически закрывающиеся люки.

Подъемно-транспортное оборудование стана работает в автоматическом режиме. С центрального пульта на посту формирования оператор включает формовочный толкатель, а затем по заданной программе происходит перемещение формы-вагонеток по стану. Цикл заканчивается выходом на верхний ярус очередного готового изделия. Мнемосхема на пульте позволяет оператору следить за положением любого механизма. Контроль за положением форм-вагонеток на стыках с подъемником и снижателем осуществляется с помощью фотозащелок.

Техническая характеристика трехъярусного стана

Проектная производительность в год при двухсменной работе, м ³	37,5 тыс.
Проектный ритм выпуска изделий при формах-вагонетках длиной 6400 м, мин	15

Время предварительной выдержки и термообработки, ч	10
Расчетная скорость формирования, м/мин	1
Габариты формы-вагонетки, мм:	
длина (единая для каждого стана)	4880—7880
ширина	2200—3600
высота	400—600
Коля путей стана, мм	2500
Расстояние между ярусами по головкам рельсов, мм	1400
Установленная мощность, кВт	110
Масса нестандартного оборудования (без форм-вагонеток), т	62
Габариты стана, м:	
длина	123,9
ширина максимальная по оборудованию	5,5
по звукоизолирующей камере	9
Заглубление приямков подъемников, м	3,5

Межведомственные испытания, проводившиеся Главмоспромстройматериалами и Минстройдормашем в 1980 г., подтвердили эксплуатационные параметры оборудования, обеспечивающего выпуск изделий необходимого качества. Испытания показали, что выпускаемые заводом железобетонных изделий № 21 панели внутренних стен удовлетворяют всем требованиям проекта и ГОСТ 8829—77. Шумоизолирующая камера обеспечивает на пульте управления станом уровень шума, не превышающий допустимый по ГОСТ 12.1.003—76 во всем диапазоне частот.

По расчетам экономистов, общий эффект от использования трехъярусного стана вместо двухъярусного по типу установленного на ЖБИ № 9 (Москва) составляет около 100 тыс. р. в год.

В помощь заводским лабораториям

УДК 697.93

О. И. КВИЦАРИДЗЕ, канд. техн. наук; С. А. МАНВЕЛОВ, В. В. БЕРИА, Г. С. ДЖАВАХАДЗЕ, инженеры (Грузнистром)

Автоматизация параметров воздушной среды в лабораторных помещениях

Интенсивность протекания в бетоне длительных процессов (ползучесть и усадка) зависит в основном от температуры и относительной влажности среды. С целью упорядочения результатов исследований с 1 января 1982 г. вводится ГОСТ 24544—81 «Бетоны. Методы определения деформации усадки и ползучести». Для получения полноценных результатов он рекомендует наблюдения за ползучестью и усадкой проводить в специальных климатических камерах с заданным стандартным режимом — температурой $20 \pm 1^\circ\text{C}$ и относительной влажностью воздуха $60 \pm 5\%$.

Климатическая камера, разработанная Грузнистром в 1977 г., представляет собой лабораторное помещение размером 16×6 м с рабочим объемом 500 м³ (рис. 1). В ней предусмотрены автоматическое регулирование и ста-

билизация параметров воздушной среды — температуры $(15—35) \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(40—90) \pm 5\%$. Система, компоновка агрегатов и функциональная схема которой показана на рис. 2, создана на базе автономного конденционера КС-25, состоящего из холодильной машины, включающей компрессор, теплообменник и конденсатор, а также из трубчатых электронагревателей и приточного вентилятора. Дополнительно она снабжена системой увлажнения, осушения воздуха, блоком управления агрегатами и системой регистрации параметров воздушной среды.

Кроме перечисленных узлов система кондиционирования включает вспомогательное оборудование, осуществляющее транспортировку воздуха в помещении климатической камеры и охлаж-

ждение конденсатора холодильной машины. Для периодической смены воздуха в помещении предусмотрена система вытяжной вентиляции и забора наружного воздуха.

Предварительные исследования климатической камеры показали, что она имеет малую постоянную времени и большое запаздывание как по каналу влажности, так и по каналу температуры. Это позволило применить двухпозиционное регулирование параметров. Первичными преобразователями температуры являются платиновые термометры сопротивления в регулируемой среде. Их сигналы поступают на вход датчика, где сравниваются с заданной температурой. С выхода датчика сигнал рассогласования усиливается и вырабатывается командный импульс на включение или отключение соответствующих агрегатов.

Для коррекции температуры в помещении климатической камеры в зависимости от температуры в потоке рециркуляционного воздуха установлен дополнительный датчик температуры. Преобразование сигнала и выработка импульса этого датчика и основного аналогично. Датчик коррекции температуры рециркуляционного воздуха автоматически осуществляет в случае необходимости переключение системы с охлаждения на обогрев, и наоборот.

Первичный преобразователь влажности — аспирационный психрометр. В качестве чувствительных элементов использованы платиновые термометры сопротивления, один из которых смачива-



Рис. 1. Общий вид климатического зала

ется водой. Аспирация осуществляется вентилятором, просасывающим воздух через «сухой» и «мокрый» термометры. Для измерения психрометрической разности и автоматической компенсации влияния температуры на датчик служит вторичный прибор — автоматический мост КСМ-3. В зависимости от знака рассогласования он включает либо увлажнители воздуха (центробежные распылители воды), либо электрический осушитель воздуха (спиральные

нагреватели, встроенные в воздухопровод рециркуляции).

Для нормальной работы холодильного агрегата необходимо охлаждение конденсаторов водой. Для ее экономии применена замкнутая система водоохлаждения, состоящая из резервуара с запасом воды, насоса и вентиляционной установки для охлаждения отработанной воды. Вся система регулирования сосредоточена на одном пульте управления (рис. 3), на который выводится вся информация о режимах рабо-

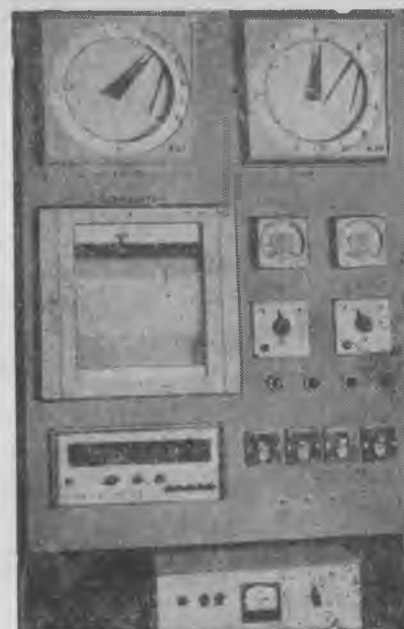


Рис. 3. Блок управления и регистрации

ты агрегатов и значения регулируемых параметров.

В результате экспериментальной проверки системы автоматического регулирования режима, осуществленной в 1978 г., установлены рабочие диапазоны температуры и влажности внутри помещения в зависимости от климатических условий внешней среды. Начиная с 1979 г. в климатическом зале проводятся исследования конструктивного бетона и железобетона на местном пористом заполнителе. Оборудование для изучения усадки и ползучести позволяет испытывать до 100 призм размером $10 \times 10 \times 40$ см на центральное сжатие при нагрузках до 55 т. Полученные расчетные параметры проверяют при испытании до 32 элементов (балки размером $7 \times 10 \times 100$ см) на изгиб. Это дает возможность проведения многофакторного эксперимента для получения достоверных данных.

Объем климатической камеры позволяет проводить исследования конструкций размером до 6 м, загрузку которых осуществляется при помощи специального силового пола.

Предварительная обработка данных эксперимента показала, что в результате стабилизации параметров среды снижается число контрольных образцов, фиксирующих температурные деформации. Кроме того, отсутствуют случайные выбросы величин деформации ползучести и усадки опытных образцов, что дает возможность правильно оценить действительные явления, происходящие в исследуемом материале. Двухлетней эксплуатацией климатической камеры установлена ее высокая эффективность и надежность.

Техническая характеристика системы

Производительность по воздуху, м ³ /ч	5000
Производительность по холоду, ккал/ч	25 000
Производительность по теплу, ккал/ч	8500
Мощность нагревателей, кВт	10,5
Мощность осушителя воздуха, кВт	9
Расход воды для увлажнения, л/ч	5,7
Запас воды для охлаждения конденсатора, л	600
Масса установки, т	1,3

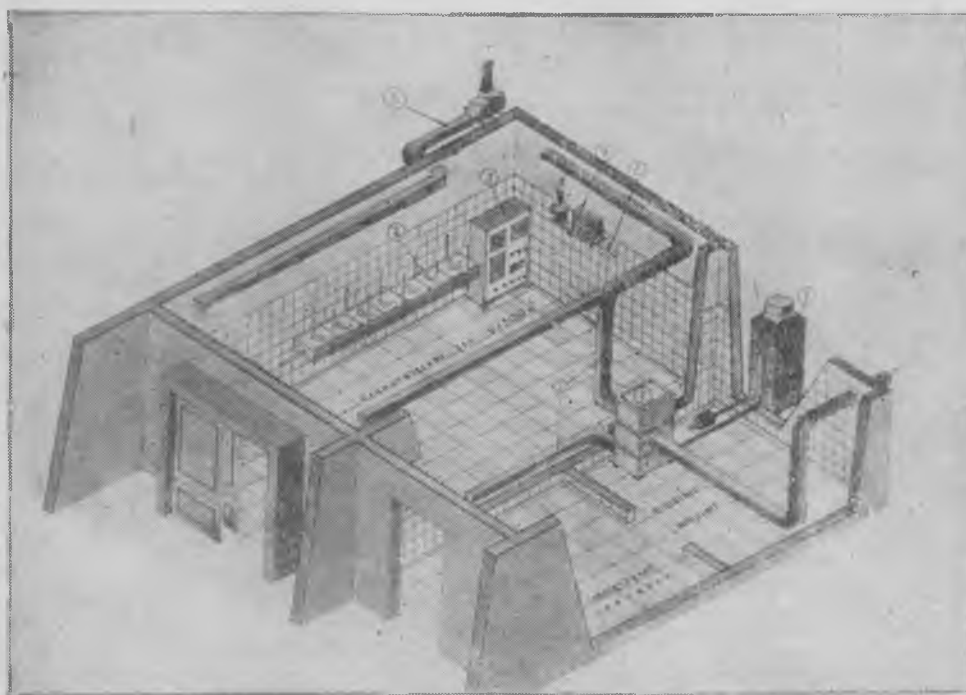


Рис. 2. Компонировка основных агрегатов лаборатории

1 — автономный кондиционер КС-25; 2 — система увлажнения; 3 — система регистрации параметров; 4 — воздухопроводы; 5 — градирня; 6 — вытяжная вентиляция; 7 — воздухозаборник; 8 — преобразователь температуры; 9 — преобразователь влажности

А. Ф. ПОЛАК, д-р техн. наук; Р. Г. ХАБИБУЛЛИН, канд. хим. наук (Уфимский нефтяной ин-т); В. В. ЯКОВЛЕВ, канд. техн. наук (НИИПромстрой); В. М. ЛАТЫПОВ, инж. (Уфимский нефтяной ин-т)

Обобщенная математическая модель коррозии бетона в агрессивных жидких средах

Придавая большое значение вопросам прогнозирования развития процессов коррозии бетона, редакция помещает статью А. Ф. Полака и др., хотя с некоторыми представлениями авторов относительно сущности процессов коррозии и факторов, определяющих скорость их, трудно согласиться. Поэтому статья печатается в порядке дискуссии.

Основные положения математического моделирования процесса деструкции капиллярно-пористых тел применительно к коррозии бетона в агрессивных жидких средах, а также результаты их экспериментальной проверки известны [1—3].

Обобщенная математическая модель позволяет также учесть влияние отложений в порах бетона на кинетику коррозии. Рассмотрим элементарный объем бетона в виде прямоугольной призмы с поперечником 1×1 , вырезанной перпендикулярно к внешней поверхности конструкции (см. рисунок). Предположим, что агрессивная среда некоторое время воздействовала на бетон, вследствие чего образовался буферный слой глубиной L , в котором все растворимые компоненты твердой фазы растворились. Пористость на отрезке $0 < x < L$ значительно увеличилась по сравнению с пористостью первичной структуры P_1 и приняла значение P_2 .

Элементарный объем можно разделить на три однородные по структуре области, в каждой из которых протекают характерные процессы. В области 3, где пористость равна P_1 , часть твердого скелета (вещество 1) растворяется в поровой жидкости, и происходит диффузионный перенос этих компонентов к внешней поверхности. В квазистационарном режиме количество вещества 1, проходящее во второй области, равно количеству этого же вещества, диффундирующему из области 3, поэтому по первому закону Фика

$$q_1^{(3)} = q_1^{(2)} = \frac{P_2 D_1 C_{1\infty}}{L + 1 - x_1}, \quad (1)$$

где $q_i^{(n)}$ — поток i -го вещества ($i=1, 2, 3$) в области n ($n=1, 2, 3$); D_i и $C_{i\infty}$ — коэффициент диффузии и растворимость i -го вещества, соответственно; C_{ik} — концентрация i -го вещества в k -той точке ($k=0, 1, 2$).

В области 1 из внешней среды диффундируют ионы агрессивного вещества 2. В зоне встречи диффузионных потоков веществ 1 и 2 происходит их химическое взаимодействие и образуются продукты

реакции (вещество 3). Ширина зоны химической реакции относительно невелика (сечение 1 при $x=x_1$) [2—3]. Если в области 1 отложились малорастворимые соли вещества 3, то пористость уменьшается до значения P_3 , причем

$$P_3 = \omega P_2, \quad (2)$$

где ω — коэффициент остаточной пористости (теоретически $0 \leq \omega \leq 1$).

Для массопереноса агрессивного вещества можно записать:

$$q_2^{(1)} = \frac{\omega P_2 D_2 C_{20}}{x_1}. \quad (3)$$

Находящиеся в растворе ионы фазы 3 диффундируют к внешней поверхности и в глубь бетона, поэтому в квазистационарном режиме для суммарного отвода вещества 3 из зоны реакции получим

$$q_3^{(1+2)} = \frac{P_2 D_3 C_{31}}{x_1} (\omega + \varepsilon), \quad (4)$$

где $\varepsilon < 1$ — коэффициент, учитывающий диффузионный отвод вещества 3 в глубь бетона.

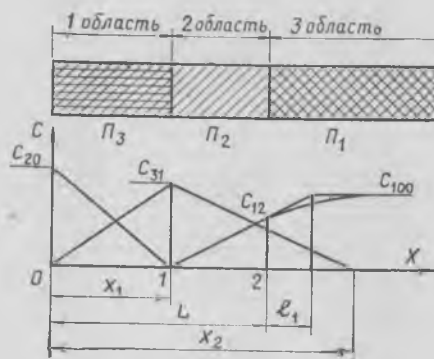


Схема массопереноса веществ

1—3 — однородные области; l — глубина агрессивного фронта; L — глубина поражения (буферный слой); x_1 — координата сечения, в котором протекает химическое взаимодействие веществ 1 и 2; x_2 — координата сечения, до которого осуществляется перенос новообразований из зоны химической реакции в глубь бетона

Уравнения (1), (3), (4) связаны между собой. Поскольку агрессивный раствор полностью нейтрализуется растворенными компонентами твердой фазы, получаем

$$q_2^{(1)} = \mu q_1^{(2)},$$

где μ — стехиометрический коэффициент химической реакции.

Кроме того, из анализа баланса массы заключаем, что в осадок может выпасть только то количество вещества 3, которое не отводится вследствие диффузии:

$$p = q_1^{(2)} + q_2^{(1)} - q_3^{(1+2)}.$$

Если концентрация раствора новообразований $C_{31} < C_{3\infty}$, то осадка не образуется, и $p=0$, $\omega=1$; при $C_{3\infty} < C_{31} < C_{3m}$, где C_{3m} — некоторая характерная концентрация, осадок образуется в очень малом количестве, поэтому допускаем, что $p \approx 0$.

Как показывают расчеты по М. Фольмеру, вероятность образования новой фазы возрастает очень быстро с ростом степени перенасыщения раствора, поэтому с некоторым приближением принимаем, что при $C_{31} < C_{3m}$ зародыши новой фазы не возникают, а при $C_{31} = C_{3m}$ может образоваться то количество новообразований, которое обеспечивается диффузионным подводом веществ 1 и 2, причем $C_{31} > C_{3m}$ практически не достигается из-за быстрого роста скорости выделения твердой фазы 3.

Из условия $C_{31} = C_{3m}$ определяется максимальное количество вещества 3, которое отводится из зоны химической реакции вследствие диффузии:

$$q_{3m}^{(1+2)} = \frac{P_2 D_3 C_{3m}}{x_1} (\omega + \varepsilon). \quad (7)$$

Для перехода от квазистационарного режима к нестационарному следует изучить, как изменяется глубина поражения L и коэффициент остаточной пористости ω во времени. При растворении исходной структуры количество вещества 1, вызывающее углубление зоны поражения на dL , соответствует количеству вещества, отведенному из третьей зоны вследствие диффузии. В связи с этим дифференциальное уравнение углубления зоны поражения примет вид:

$$q_1 dt = m dL. \quad (8)$$

Кроме того, если за время dt на отрезке ax_1 выпало некоторое количество осадка, то пористость элементарного объема на отрезке dx_1 уменьшится, что учитывается коэффициентом ω . Полагая, что количество осадка, выпавшего в единицу времени в результате химической реакции между веществами 1 и 2, равно p , получим дифференциальное уравнение выпадения осадка:

$$p dt = P_2 (1 - \omega) \gamma_3 dx_1, \quad (9)$$

где γ_3 — плотность новообразований.

При совместном решении дифференциальных уравнений (8) и (9), а также уравнений, характеризующих диффузионный перенос веществ 1, 2, и 3, для определения глубины поражения $L(t)$ капиллярно-пористого тела при воздействии агрессивных жидких сред была получена формула

$$L_j = \sqrt{2a_j L t + l^2} - l, \quad (10)$$

где l — глубина агрессивного фронта (см. рисунок), зависящая от скорости растворения исходной фазы, измеряемая экспериментально; a_j — агрессивность внешней среды к данному пористому материалу, определяемая как скорость процесса коррозии j -го вида [4] в начальный момент времени, когда она максимальна

$$a_j = \frac{dL}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{k_j}{2l}. \quad (11)$$

Константу скорости коррозии k и коэффициент остаточной пористости ω также находят из упомянутых уравнений. Если осадок образуется, то $\omega < 1$, при этом $(1-\omega)$ приближенно будет равно:

$$(1-\omega) = \omega_0 \left(1 - \frac{C_{2m}}{C_{20}}\right);$$

$$\omega_0 = \frac{m(1+\mu)}{P_2 \gamma_2}; \quad (12)$$

k_j будет равна:

коррозия первого вида ($\omega=1$) —

$$k_1 = 2 P_2 D_1 C_{1\infty} / m;$$

коррозия второго вида:

без образования осадка ($\omega=1$) —

$$k_2 = \frac{2 P_2 D_2}{m} \left[\frac{C_{20}}{\mu} + \frac{D_1 C_{1\infty}}{D_2} \right];$$

с образованием осадка ($1 > \omega > \omega_k$) —

$$k_2^* \approx \frac{2 P_2 D_2}{m} \frac{\omega C_{20}}{\mu};$$

коррозия третьего вида ($\omega=\omega_k$) —

$$k_3 \approx \frac{2 P_2 D_2}{m} \frac{\omega_k C_{2k}}{\mu}. \quad (13)$$

где ω_k — критическое значение коэффициента остаточной пористости, при котором наступает деструкция буферного слоя пористого тела вследствие роста в нем кристаллов новообразований; C_{2k} — соответствующее значение концентрации агрессивного раствора.

При коррозии третьего вида толщина буферного слоя L практически очень мала, так как он разрушается вскоре после образования. Полагая, что $J \gg L$, из (10) находим

$$L_3 = a_3 t. \quad (14)$$

Аналогичную формулу можно получить и для коррозии первого и второго видов, если буферный слой по разным причинам разрушается (сильные потоки воды, механический износ и т. д.).

Анализ уравнения (10) показывает, что все виды деструкции пористых тел в агрессивных жидких средах описываются одним уравнением $L(t)$. По-видимому, единое построение математических формул является следствием общности физико-химических процессов при различных видах коррозии. Универсальность формул (10) и (14) состоит в следующем. Агрессивность среды a_j имеет размерность скорости коррозии, что соот-

Коррозия вида	Продукты химического взаимодействия	Агрессивность среды a_j , см/с	Глубина поражения L_j , см	
			буферный слой образуется	без буферного слоя
Первого	Не образуются	$a_1 = \frac{k_1}{2l}$	$L_1 = \sqrt{2a_1 l t + l^2} - l$	$L_1 = a_1 t$
Второго	Образуются, но не выпадают в осадок	$a_2 = \frac{k_2}{2l}$	$L_2 = \sqrt{2a_2 l t + l^2} - l$	$L_2 = a_2 t$
	Образуются и выпадают в осадок в небольшом количестве	$a_2^* = \frac{k_2^*}{2l}$	$L_2^* = \sqrt{2a_2^* l t + l^2} - l$	$L_2^* = a_2^* t$
Третьего	Образуются и выпадают в осадок	$a_3 = \frac{k_3}{2l}$	—	$L_3 = a_3 t$

ветствует ее физическому содержанию; кроме того, при равных значениях агрессивности различных коррозионно-активных сред глубина поражения пористого тела будет одинаковой при заданном сроке воздействия сред.

В таблице приводятся расчетные формулы, позволяющие определить глубину коррозионного поражения капиллярно-пористого тела тела бетона после любого срока его эксплуатации в условиях воздействия агрессивных жидких сред. Формулы справедливы и при наличии в капиллярно-пористой структуре цементного камня конвективных потоков со скоростью u . В этом случае глубину агрессивного фронта следует вычислять по формуле

$$L_u = l(1 - 0,5 Pe), \quad (15)$$

где Pe — число Пекле ($Pe = ul/D$).

Константа скорости коррозии k_j может быть определена экспериментально. Для этого измеряют глубину коррозионного поражения L образца бетона после выдерживания его в течение определенного времени в агрессивном растворе, затем по формулам (10) и (11) определяют k_j [1, 5]. Численные значения k_2 для некоторых кислот приведены ниже.

Константы скорости коррозии k_2 (см²/год) для некоторых видов кислот ($C_{20} = 3,85$ г/л):

HCl	2,17
HNO ₃	1,18
CH ₃ COOH	0,25
H ₂ SO ₄	1,42

Расчет глубины поражения L бетонных и железобетонных конструкций в агрессивных средах после любого времени их эксплуатации t осуществляется по формулам (10), (11) и по рассчитанным значениям k_j . Величина ω_k может быть определена по формуле (12), если известны концентрации C_{2m} и C_{2k} . Если такие данные отсутствуют, то их следует определить экспериментально. Исследования, проведенные в НИИПромстрое совместно с УНИ, показали, что для серной кислоты $C_{2m} = 1,42$ г/л и $C_{2k} = 5,54$ г/л.

Выводы

Полученная обобщенная математическая модель описывает все три вида коррозии бетона в агрессивной жидкой среде. Проведенные эксперименты подтвердили возможность ее применения для прогноза времени безопасной эксплуатации железобетонных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полак А. Ф., Гельфман Г. Н., Оратовская А. А. Методика определения агрессивности жидких кислотных сред по отношению к бетону. — Бетон и железобетон, 1969, № 4.
2. Полак А. Ф., Ратинов В. Б., Гельфман Г. Н. Коррозия железобетонных конструкций зданий нефтехимической промышленности. М., Стройиздат, 1971.
3. Полак А. Ф. Математическая модель коррозии бетона в кислотных средах. — Бетон и железобетон, 1978, № 8.
4. Москвин В. М., Иванов Ф. М., Алексеев С. Н., Гузев Е. А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. М., Стройиздат, 1980.
5. А. А., Хуснутдинов Р. Ф. Кинетика коррозии. Полак А. Ф., Гельфман Г. Н., Оратовская А. А., Хуснутдинов Р. Ф. Кинетика коррозии бетона в жидкой агрессивной среде. — Коллоидный журнал, 1971, № 3.

Книги Стройиздата 1981 года

Гребенник Р. А., Мачабели Ш. Л., Привин В. И. Прогрессивные методы монтажа промышленных зданий с унифицированными параметрами. — М., Стройиздат, 1981. — 10 л., ил. — 50 к., 7000 экз.

Евдокимов Б. А. Защита от вибрации на заводах сборного железобетона. — Л., Стройиздат, 1981. — 6 л., ил. — 40 к.

Железобетонные конструкции: Спецкурс. Учебн. пособие для вузов / В. Н. Байков, П. Ф. Дроздов, И. А. Трифонов и др.; Под ред. В. Н. Байкова. — 3-е изд., перераб. — М., Стройиздат, 1981. — 40 л., ил. — В пер.: 1 р. 70 к., 25000 экз.

Кёнеке Р. Защита поверхности бетона: Пер. с нем. — М., Стройиздат, 1981. — 7 л., ил. — 50 к., 4000 экз.

Куатбаев К. К. Силикатные бетоны из промышленных отходов. — М., Стройиздат, 1981. — 15 л., ил. — В пер.: 95 к.

Р. Л. СЕРЫХ, Ю. С. ВОЛКОВ, кандидаты техн. наук (НИИЖБ);
В. А. БОГОСЛОВСКИЙ, инж. (Госстрой СССР)

Стандарт на методы испытаний бетонов на выносливость

Госстроем СССР утвержден ГОСТ 24545—81 «Бетоны. Методы испытаний на выносливость» со сроком введения в действие с 1 января 1982 г. В его разработке участвовали НИИЖБ, НИИСК и ВНИИЖелезобетон. Стандарт распространяется на все виды бетонов, в том числе подвергающихся в процессе эксплуатации нагреву, насыщению водой и нефтепродуктами. Суть метода состоит в определении выносливости бетона при нагружении образцов стандартных размеров многократно повторяющейся осевой сжимающей нагрузкой, составляющей различные доли разрушающей.

Учитывая, что подобные испытания не являются массовыми, стандарт рекомендует проводить их при параметрах нагружения, устанавливаемых соответствующими нормативными документами, в которых должны указываться уровень и частота многократно повторного нагружения, а также коэффициент асимметрии цикла и число циклов многократного приложения нагрузки. При отсутствии этих показателей, а также при изучении свойств бетонов испытания проводят при базовых условиях с числом образцов, необходимым для построения линии регрессии выносливости.

Испытание бетона на выносливость проводят на образцах-призмах размерами 70×70×280, 100×100×400, 150×150×600, 200×200×800 мм, изготовленных только из бетонной смеси. Образцы из ячеистого бетона выпиливают из специально изготовленных контрольных блоков по ГОСТ 10180—78. В качестве базового образца принята призма размером 150×150×600 мм. Учитывая, что от масштабного фактора образцов не зависят испытания на выносливость, переходные коэффициенты в стандарт не включены. Размер образца выбирают исходя из наибольшей крупности заполнителя в пробе бетонной смеси. Образцы изготавливают сериями. Для испытаний при заданных параметрах нагружения серия включает 6 образцов, три из которых подвергают многократно повторному нагружению, а на трех образцах определяют призмную прочность. Для испытаний с целью построения линии регрессии выносливости серия должна состоять из 15 образцов, 12 из которых подвергают многократно повторному нагружению на четырех уровнях напряжений, равных 0,9; 0,8; 0,7; 0,6 призмной прочности, а по трем образ-

цам определяют призмную прочность.

Не менее чем за 3 сут до испытаний образцы переносят в помещение для испытаний, что обеспечивает равновесное состояние бетона по влажности и температуре к условиям среды помещения. Затем образцы готовят к испытаниям, определяя их линейные размеры и допуски на них, по ГОСТ 10180—78. Образцы для испытаний при нагреве, в насыщенном водой или нефтепродуктами состоянии подготавливают по ГОСТ 24452—80.

Испытания проводят на машинах, работающих в режиме многократно повторного нагружения. Опорные плиты испытательных машин должны обеспечивать неподвижность образцов и возможность их центрирования по отношению к вертикальной оси машины. Испытательные машины должны иметь счетчик числа циклов нагружения, обеспечивать изменение и регулирование уровней нагружения, а также иметь динамическую тарировку в эксплуатационном режиме. Температура воздуха в помещении для проведения испытаний должна быть не ниже плюс 10°C.

Испытание следует проводить при постоянных уровнях нагружения $\sigma_{\max}/R_{пр}$, частоте циклов многократно повторного нагружения ω , коэффициенте асимметрии цикла ρ , а также заданном числе циклов нагружения (базы испытаний), назначаемых в соответствии с указаниями стандартов и технических условий на бетонные и железобетонные конструкции или программами исследований. При незнании эксплуатационного уровня нагружения испытания проводят при базовых условиях с последующим построением линии регрессии выносливости. Для этого последовательно испытывают образцы на указанных ранее четырех уровнях нагружения, принимая коэффициент асимметрии цикла ρ равным 0,1, частоту циклов многократно повторного нагружения — 5—10 Гц, возраст бетона к началу испытаний — не менее 28 сут.

Опытами установлено, что уменьшение интервала нагружения обычно приводит к увеличению числа образцов, и почти не влияет на результаты испытаний. Значение коэффициента асимметрии принято исходя из того, что при последней оценке результатов испытаний можно получить зависимости и для других значений коэффициента. Частота многократно повторного нагружения

принята по техническим данным испытательных машин. Образцы нагружают до соответствующего уровня максимальных напряжений непрерывно с постоянной скоростью $0,05 \pm 0,02$ МПа/с, после чего создают многократно повторяющуюся нагрузку соответствующей интенсивности.

Их испытывают либо до разрушения, либо до достижения ими заданного числа циклов многократного приложения нагрузки. Разрушение образца является одним из критериев оценки выносливости бетона.

В стандарте приведены основные пути оценки результатов испытаний образцов с заданными исходными параметрами нагружения. При их отсутствии имеются данные для построения линии регрессии выносливости, позволяющей оценить качество бетона, в частности выявить соответствие предела прочности бетона заданному числу циклов многократно повторного нагружения.

В стандарт включены четыре приложения: обязательное — устанавливающее требования к методу испытаний бетона на выносливость при нагреве; рекомендуемое — устанавливающее форму журнала испытаний. В справочных приложениях приведен пример обработки результатов испытаний и дана оценка соответствия прочности бетона его выносливости, а также приведены термины и их определения.

Установленные новым стандартом методы испытаний позволяют получать сопоставимые и воспроизводимые результаты, необходимые для нормирования и учета свойств материала для расчета бетонных и железобетонных конструкций.

Книги Стройиздата

1981 года

Кунцевич О. В. Бетоны высокой морозостойкости для сооружений Крайнего Севера. — Л., Стройиздат, 1981. — 10 л., ил. — В пер.: 80 к.

Легкие бетоны. Проектирование и технология. Пер.: с англ. / П. В. Абелев, П. Бекман, Д. Бобровский и др.: Под ред. А. Шорта. — М., Стройиздат, 1981. — 12 л., ил. — 1 р. 80 к., 4000 экз.

Липницкий М. Е. Купольные покрытия для строительства в условиях сурового климата. — Л., Стройиздат, 1981. — 8 л., ил. — 50 к., 6000 экз.

Миклашевский Е. П. Глубинное вибрирование бетонной смеси. — М., Стройиздат, 1981. — 10 л., ил. — 1 р. 50 к. 4000 экз.

Монфред Ю. Б., Карась Л. Ю. Экономика промышленности строительных материалов и изделий. Учебник для вузов. М., Стройиздат, 1981. — 25 л. — В пер.: 1 р. 10 к., 25000 экз.

УДК 666.972.16.001

Иванов Ф. М., Батраков В. Г., Лагсйда А. В. Основные направления применения химических добавок к бетону. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 3—5.

Излагаются основные направления применения добавок различного назначения в технологии бетона. Предложена классификация добавок, повышающих скорость бетона. Рассмотрены рациональные области применения пластификаторов и суперпластификаторов. Определены задачи дальнейшего направления исследований добавок. Ил. 2, табл. 1.

УДК 666.972.16

Ратинов В. Б., Розенберг Т. И., Кучеряева Г. Д. Комплексные добавки для бетона. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 9—10.

Изложены некоторые основные закономерности влияния комплексных добавок на пластичность бетонной смеси, сроки схватывания цемента и раннюю прочность бетона и формирование структуры цементного камня.

Показано, что при использовании комплексных добавок, состоящих из двух и более веществ сходной природы, максимальный эффект может быть не более аддитивного, тогда как при введении смеси компонентов разной природы наблюдается синергетический эффект от их совместного присутствия; происходит также взаимная компенсация одной составляющей комплексной добавки нежелательного побочного действия другой. Ил. 1, табл. 1, список лит.: 5 назв.

УДК 666.972.16.003.1

Цыганков И. И. Экономика применения суперпластификаторов. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 11—12.

Приведены данные о технико-экономической эффективности химических добавок к бетонам сборных и монолитных конструкций, в том числе применения суперпластификаторов, по результатам опытно-промышленного применения их на предприятиях сборного железобетона и на стройках. Рекомендуются рациональные области использования суперпластификаторов. Список лит.: 5 назв.

УДК 691.327:666.973:666.972.16

Довжик В. Г. Применение добавок для улучшения технологии и свойств легких бетонов. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 13—14.

Изложен опыт применения добавок при производстве легких бетонов в СССР, показаны эффективность и особенности применения различных добавок для конструктивно-теплоизоляционных и конструктивных бетонов. Табл. 1, список лит.: 4 назв.

УДК 666.97.015:666.972.16

Крылов Б. А., Королев Н. А., Зиновьева Т. Н. Повышение прочности и интенсификация твердения бетона введением добавок. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 14—16.

Рассмотрены вопросы применения химических добавок с целью интенсификации твердения бетона и повышения его прочности. Приведены результаты исследования бетонов с добавками — ускорителями твердения, пластификаторами и комплексными на их основе.

УДК 691.327:666.972.16

Бочаров Н. А. Производство изделий с добавками. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 18—19.

Приведены результаты опытно-промышленных испытаний бетонов с добавками. Даны предложения по совершенствованию заводской технологии производства железобетонных изделий. Отмечено, что пластифицирующий эффект от введения добавок увеличивается с применением нового оборудования, совершенствованием хранения, дозирования и виброуплотнения добавок. Табл. 1.

УДК 691.327:666.972.16

Комар А. А., Бабаев Ш. Т. Комплексные добавки для высокопрочного бетона. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 16—17.

Показана высокая эффективность использования комплексных добавок на основе суперпластификатора 10-03 и ускорителей твердения для получения быстротвердеющего высокопрочного бетона. Установлено, что комплексные добавки позволяют существенно сократить общий цикл термообработки, снизить температуру изотермического прогресса до 40—60°C, а в некоторых случаях отказаться от ТВО и получить бетоны марок М800—М1000 из удобоукладываемых смесей. Табл. 2, список лит.: 3 назв.

УДК 691.327:666.972.52:666.972.16

Петров С. М. Добавки к бетону для гидромелиоративного строительства. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 19—20.

Показано введение добавок в подвергаемый тепловой обработке бетон виброгидропресованных напорных труб, безнапорных труб и других сборных железобетонных конструкций гидротехнического назначения, а также в бетон монолитных гидромелиоративных сооружений в условиях сухого жаркого климата, обычных летних и зимних. Список лит.: 3 назв.

УДК 691.328:666.972.16

Попов П. В. Опыт применения добавок в производстве сборного железобетона. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 21.

Содержится информация о работе, проводимой Минпромстрой СССР по расширению применения добавок к бетону, и сведения о наиболее эффективных областях их использования.

УДК 666.972.16

Афанасьева В. Ф., Кожуринчев А. М. Применение суперпластификатора С-3 на Ростовском заводе ЖБК. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 22—23.

Представлены результаты внедрения суперпластификатора С-3 в бетонные смеси на Ростовском заводе ЖБК. Табл. 2.

УДК 69.032.2:024.075.23

Вальчук Д. Г., Ковтунов Б. П., Нигматуллина Н. Х. Армирование консолей колонн многоэтажных зданий. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 26—27.

Приведены рекомендации по расчету и конструированию скрытых железобетонных консолей колонн с жесткой арматурой, разработанные на основе экспериментально-теоретических исследований НИИСК по плану совершенствования конструкций каркасно-панельных зданий серии ИИ-04. Табл. 2, ил. 2, список лит.: 3 назв.

УДК 691.328:666.982.24

Болдышев А. М., Мальганов А. И. Элементы Х-образного сечения с диагональным армированием. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 28.

Даны результаты испытания железобетонных элементов Х-образного сечения с диагональным армированием. Приведена конструкция свай Х-образного сечения. Ил. 2, табл. 1.

УДК 624.074.4

Жуковский Э. З., Долганова О. В. Исследование составной оболочки большого пролета в стадии монтажа. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 29—30.

Рассмотрены результаты экспериментальных исследований модели составной оболочки покрытия хоккейного стадиона пролетом 116 м в Пензе. Сравнивается статическая работа оболочки на различных этапах монтажа, в процессе исследования. Предлагается рациональная схема монтажа составных оболочек с последовательным включением в работу отдельных элементарных оболочек. Ил. 3.

УДК 624.072.2

Цейтлин С. Ю. Прогобы и выгибы элементов с поперечными трещинами обжатия. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 31—32.

Кривая деформирования железобетонного преднапряженного элемента с поперечными трещинами обжатия представлена в виде шести участков, в пределах каждого из которых изменение кривизны может приниматься линейным. Получена уточненная методика расчета кривизн выгибов и прогибов для расчета различных стадий работы элемента.

УДК 691.022.—413:691.327:666.973.2:669.162.266.448

Смирнов А. Е. Шлакопемзобетон для звукоизолирующих и несущих панелей. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 33.

Показано, что минимальный расход ресурсов с обеспечением требуемой звукоизоляции от воздушного шума (50 дБ) несущими межквартирными стенами толщиной 180 мм из конструктивного шлакопемзобетона обеспечивается при агрегатно-структурном факторе

$$\frac{M}{M+K} = 0,43.$$

Табл. 2, список лит.: 3 назв.

УДК 691.327:666.9—16:624.044

Милованов А. Ф., Зиновьев В. Н. Деформации высокопрочного бетона при кратковременном нагреве. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 34—35.

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований температурных деформаций высокопрочного бетона марок М600 и М800 при кратковременном нагреве. Протекающие при этом физико-механические процессы оказывают существенное влияние на температурное расширение бетона. Коэффициент температурной усадки состоит из линейной и нелинейной составляющих. Табл. 1, ил. 2, список лит.: 5 назв.

УДК 691.327+691.175

Бетонополимеры на основе ненасыщенных полиэфиров/Д. Ф. Кутепов, Н. Е. Огнева, Т. С. Губанова и др. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 35.

Исследованы ненасыщенные полиэферы ПН-35 и ПН-301 в качестве пропиточных составов при получении бетонополимеров. Установлено, что прочность при сжатии полученных бетонополимеров в 1,6—3,3 раза выше исходных бетонов. Водопоглощение бетонополимеров в 2—4 раза ниже исходного бетона. Табл. 1, ил. 2.

УДК 69.059.22

Жуков В. В. Моделирование процесса разрушения влажного бетона при нестационарном нагреве. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 36—37.

Предложена физическая модель процесса разрушения влажного бетона при нестационарном нагреве, которая учитывает основные факторы, влияющие на этот вид разрушения в условиях эксплуатации. Ил. 4, табл. 1, список лит.: 5 назв.

УДК 691.327:666.973

Павлов В. И., Ушков Ф. В., Азизов П., Тачкова Н. А. Теплотехнические свойства легких бетонов на жидком стекле. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 38.

Приведены результаты исследований теплотехнических показателей легких бетонов на жидком стекле с добавкой фурилового спирта. Установлено, что такие бетоны менее теплопроводны и паропроницаемы, чем легкие бетоны на портландцементе и пористых заполнителях. Полимерная добавка улучшает теплотехнические свойства легкого бетона на жидком стекле. Табл. 2.

УДК 624.046:691.327:666.973.2:666.64—492.3

Ямлеев У. А., Кудряшова Р. А., Якушин В. А. Применение высокопрочного керамзитобетона с пониженной объемной массой. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 39—40.

Описаны преднапряженные решетчатые балки из высокопрочного керамзитобетона с пониженной объемной массой ($\gamma = 1350 \dots 1500 \text{ кг/м}^3$), применяемые в объединении Железобетон Главульяновскстроя. Приведены результаты испытаний, даны выводы и предложения. Ил. 4, табл. 1, список лит.: 3 назв.

УДК 69.022.326

Каплан М. В. Трехъярусный стан для производства панелей внутренних стен и перекрытий. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 40—42. Изложены конструктивные принципы трехъярусных станков, установленных на заводе ЖБИ № 21 Гламоспромстройматериалов, основные особенности их схемы и оборудования по сравнению с двухъярусными станками. Описана конструкция камеры шумоглушения, приведена техническая характеристика нового типа стана. Ил. 3.

УДК 697.93

Автоматизация параметров воздушной среды в лабораторных помещениях/О. И. Квицаридзе, С. А. Манвелов, В. В. Бериа, Г. С. Джавахадзе. — Бетон и железобетон, 1981, № 9, с. 42—43. Описана система автоматического регулирования и стабилизации параметров воздушной среды в помещении лаборатории с рабочим объемом 500 м³, предназначенной для проведения исследований в области реологии строительных материалов и конструкций. Система создана на базе автономного кондиционера КС-25 и оснащена дополнительными агрегатами для автоматического регулирования, стабилизации и регистрации температуры в пределах 15—30°C и относительной влажности воздуха 40—90%. Ил. 3.

CONTENS

Ivanov F. M., Batrakov V. G., Lagoida A. V. The main trends in the application of chemical admixtures for concrete
Dmitriev A. M., Kuznetsova T. V. Directed control of cement properties with chemical admixtures
Batrakov V. G. Superplasticizers in the production of reinforced concrete structures
Ratinov V. B., Rozenberg T. I., Kutcheriaeva G. D. Complex admixtures for concrete
Tsygankov I. I. The economics of superplasticizers' application
Dovzhik V. G. The use of admixtures to improve technology and properties of lightweight concretes
Krylov B. A., Korolev N. A., Zinovieva T. N. The increase of strength and intensification of concrete hardening by the admixture introduction
Komar A. A., Babaev Sh. T. Complex admixtures for a high strength concrete
Botcharov N. A. Products' fabrication with admixtures.
Popov P. V. The experience of admixture application in the production of precast reinforced concrete
Petrov S. M. Admixtures for concrete used in the construction of hydro-irrigation projects
Afanasieva V. F., Kozhurintchev A. M. The use of the C-3 superplasticizer at the Rostok plant of reinforced concrete structures
Shashin A. F., Tsionsky A. L. The prospects for superplasticizer application while producing pressure pipes
Valtchuk D. G., Kovtunov B. P., Nigmatullina N. Kh. The reinforcement of column brackets multi-story bouldings.
Baldyshev A. M., Malganov A. I. X-section elements with diagonal reinforcement
Zhukovsky E. Z., Dolganova O. V. The study of the composite shell of a large span at the erection stage
Milovanov A. F., Zinoviev V. N. Deformations of a high strength concrete at short-term heating
Kutepov D. E., Ogneva N. E., Gubanova T. S., Valendzik G., Maximov Yu. V. Polymer concretes on the basis of non-saturated polyethers.

CONTENU

Ivanov Ph. M., Batrakov V. G., Lagoida A. V. Les directions principales de l'application des adjuvants chimiques dans le béton
Dmitriev A. M., Kuznetsova T. V. Le réglage orienté des propriétés des ciments par les adjuvants chimiques
Batrakov V. G. Les super-plastifiants dans la production des structures en béton armé
Ratinov V. B., Rozenberg T. T., Koutcherjaeva G. D. Les adjuvants complexes pour le béton
Tsygankov I. I. L'économie de l'application des super-plastifiants
Dovshik V. G. L'application des adjuvants pour l'amélioration de la technologie et des propriétés des bétons légers
Krylov B. A., Korolev N. A., Zinovieva T. N. L'accroissement de la résistance et l'intensification du durcissement du béton par l'introduction des adjuvants
Komar A. A., Babaev Ch. T. Les adjuvants complexes pour le béton à haute résistance
Batcharov N. A. Le fabrication des produits avec des adjuvants
Petrov S. M. Les adjuvants pour le béton utilisé dans la construction de hydro-amélioration
Popov P. V. L'expérience de l'application des adjuvants dans la fabrication du béton armé préfabriqué
Afanasieva V. Ph., Kozhourintchev A. M. L'application de super-plastifiant S-3 à l'usine des structures en béton armé de Rostokino
Chachine A. Ph., Tsionsky A. L. Les perspectives de l'utilisation des super-plastifiants pendant la fabrication des conduites forcées
Valtchouk D. G., Kovtounov B. P., Nigmatoullina N. Kh. Le renforcement des consoles des colonnes de bâtiments à plusieurs étages
Boldyshev A. M., Malganov A. I. Les éléments de la section en forme de X avec le renforcement diagonale.
Zhoukovsky E. Z., Dolganova O. V. L'étude de l'enveloppe composé de la grande portée à l'étape de son montage
Milovanov A. Ph., Zinovjev V. N. La déformation du béton à haute résistance sous le chauffage de courte durée
Koutepov D. Ph., Ogneva N. E., Gubanova T. S., Valendzik G., Maksimov Yu. V. Les polymère bétons sur la base des polyéthers non-saturés

INHALTSVERZEICHNIS

Iwanow F. M., Batrakov W. G., Lagoida A. W. Hauptrichtungen der Anwendung von chemischen Betonzusatzmitteln
Dmitrijew A. M., Kusnezowa T. W. Die durch chemische Zusatzstoffe gerichtete Regulierung von Zementeigenschaften
Batrakov W. G. Superverflüssiger in der Produktion von Stahlbetonkonstruktionen
Ratinow W. B., Rosenberg T. I., Kutscherjajewa G. D. Komplexe Betonzusatzmittel
Zygankow I. I. Ökonomik der Verwendung von Superplastifikatoren
Dowshick W. G. Anwendung von Zusätzen für die Verbesserung der Technologie und der Leichtbetoneigenschaften
Krylow B. A., Korolow N. A., Sinowjeva T. N. Erhöhung der Festigkeit und Intensivierung der Betonerhärtung durch Einführung von Zusatzmitteln
Komar A. A., Babaev Sch. T. Komplexe Zusatzstoffe für den hochfesten Beton
Boischarow N. A. Produktion von Ergebnissen mit Zusatzstoffen
Boldyshev A. M., Malganov A. I. X-zeugnissen mit Zusatzstoffen
Petrow S. M. Betonzusatzmittel für Wassermeliorationsbauwesen
Popow P. W. Anwendungserfahrung von Zusätzen in der Herstellung des vorgefertigten Stahlbetons
Afanasjewa W. F., Koshurintschew A. M. Anwendung von C-3-Superverflüssigern im Werk für Stahlbetonkonstruktionen in Rostokino
Schaschin A. F., Zionski A. L. Perspektiven der Anwendung von Superplastifikatoren bei der Produktion der Druckrohre
Waljtshuck D. G., Kowtunow B. P., Nigmatullina N. Ch. Bewehren von Stützenkonsolen für mehrgeschossige Gebäude
Boldyschew A. M., Maliganow A. I. Bauelemente mit X-förmigem Querschnitt und Diagonalbewehren
Shukowski E. S., Dolganowa O. W. Untersuchung der zusammengesetzten Schale der grossen Spannweite während der Montage
Milowanow A. F., Sinowjew W. N. Deformationen des hochfesten Betons bei der kurzzeitigen Erwärmung
Kutepow D. F., Ogneva N. E., Gubanova T. S., Walendzick G., Maksimow Ju. W. Betonpolymere auf der Grundlage von nichtgesättigten Polyäthern

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

Технический редактор Сангурова Е. Л.

Корректор Стигнеева О. В.

Сдано в набор 13.07.81.
 Формат 60×90/16
 Тираж 18 125 экз.

Подписано в печать 10.08.81.
 Печать высокая

Усл. печ. л. 6,0

Т-24203
 Уч.-изд. л. 8,95
 Заказ 370

Адрес редакции:
 101442, ГСП, Москва, К-6, Калевская, 23а
 Тел. 258-18-54, 258-24-76

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

Вологодская областная универсальная научная библиотека
 www.booksite.ru

№ 30*

№ 75559. К. В. Руссов, Л. А. Сее-сранд и Э. А. Таммярв. НИПИ силикатобетон. Резонансная виброплошадка.

№ 755560. В. И. Гуйтур. Николаевский инженерно-строительный факультет Одесского инженерно-строительного ин-та. Устройство для формования изделий из бетонных смесей.

№ 755565. И. Л. Приворотский. Завод силикатных изделий и железобетонных конструкций треста Джамбулхимстрой. Сборный поддон для изготовления железобетонных изделий.

№ 755567. В. Г. Кислицын, Б. В. Русинов, А. А. Харитонов и О. В. Коршунов. ЭКБ ВПО Союзстройконструкция. Устройство для распалубки и сборки форм.

№ 755568. Б. Д. Соболев, А. М. Голубев, Г. С. Максимов и др. ВНИИ строительных материалов и конструкций. Устройство для распалубки и сборки форм.

№ 755569. Б. В. Соловьев, Е. К. Шубин, А. И. Калужный и др. ВНПО Союзжелезобетон. Установка для изготовления железобетонных изделий в кассетных формах.

№ 755571. Ю. Д. Жуков, Ю. Г. Небов, В. А. Гаврилов и В. И. Бочков. СКБ треста Ленинградоргстрой. Устройство для резки сырых ячеистых бетонов.

№ 755573. А. В. Домбровский, Х. Ф. Иоости, Ю. М. Лауген и др. НИПисиликатобетон. Конвейерная линия для калибровки и отделки строительных изделий.

№ 755574. Ф. Ф. Лясников, В. Я. Седунов, И. Б. Хейфиц и др. НИЛ ФХММ и ТП. Форма для изготовления трубчатых изделий из бетонных смесей.

№ 755576. А. С. Шаволов. Смеситель.

№ 755578. В. А. Сергеев. ПКБ Главленстройматериалов. Устройство для управления дозированием компонентов бетонной смеси.

№ 755766. В. Г. Довжик, Л. П. Орентлихер, Е. П. Устименко и М. А. Горюнов. ВНПО Союзжелезобетон. Бетонная смесь.

№ 755769. Е. Г. Иванов и В. М. Ильенко. Криворожский филиал ВНИИшахтострой. Способ приготовления бетонной смеси.

№ 755770. А. А. Липатов, В. Г. Хозин, Н. Б. Бланк и др. Казанский инженерно-строительный ин-т. Полимербетонная смесь.

№ 755773. Г. Н. Пшеничный, Ю. П. Ожигибесов, Ю. Д. Шахов и И. М. Судьбинин. ЮжЗНИИЭПсельстрой. Способ изготовления бетонных изделий.

№ 755946. Я. Б. Матусевич. Московский научно-исследовательский и проектный ин-т по сельскому строительству. Способ изготовления железобетонной строительной конструкции.

№ 755953. Е. М. Семижонов. Харьковское отделение Теплоэлектропроекта. Железобетонная конструкция.

№ 755955. В. А. Таршиш и А. А. Гордон. Моспроект-1. Фундамент под стены или колонны зданий, сооружений.

№ 755969. А. Г. Марголин. Ленинградский Промстройпроект. Стыковое соединение стеновой панели с колонной.

№ 755975. Я. И. Линецкий, М. Н. Собенников и А. Г. Марголин. Гипронисельхоз. Трехслойная железобетонная панель.

№ 755979. В. А. Атанесян. Ереванский политехнический ин-т. Щитовая спалубка для возведения бетонной стены.

№ 755980. И. Б. Палатников. Ленинградский Промстройпроект. Устройство для соединения концов предварительно напряженной кольцевой арматуры.

№ 756018. Р. А. Тюркян, А. В. Быков, З. Ш. Мустафин и др. Республиканское объединение Укршахтострой. Способ возведения бетонной крепи вертикального ствола и устройство для его осуществления.

№ 31

№ 757316. В. Д. Лихачев, Б. Я. Грувер, И. И. Порошин и др. Донецкий Промстройинипроект. Устройство для уплотнения бетонной смеси.

№ 757317. П. П. Аузиньш, Э. Э. Лавендел, Ю. В. Корошков и др. Рижский политехнический ин-т и СКБ Главстройпрома. Устройство для уплотнения бетонной смеси в форме.

№ 757321. В. С. Каюн, Б. М. Маркосов, Н. С. Линищ и С. Б. Заяц. Киевский з-д сборных железобетонных мостовых конструкций. Форма для изготовления железобетонных изделий с выпусками арматуры.

№ 757322. С. С. Спивак, В. Ф. Куницын, В. П. Бочаров и др. Конструкторско-технологическое производство Управления промышленных предприятий Главташкентстроя. Установка для формования железобетонных изделий.

№ 757325. В. И. Дниерштейн, Э. С. Сыркин, Б. Жаламеддинов и др. СКБ по механизации пригационно-мелноративных работ и поливов хлопчатника. Установка для нанесения защитного слоя из бетонных смесей на поверхность стальных труб.

№ 757326. М. Ф. Дрокованный и инический ин-т. Форма для изготовления железобетонных виброгидропрессованных труб.

№ 757503. Н. И. Подгорнов. ЦНИИОМТП. Устройство для тепловой обработки бетонных конструкций.

№ 757504. Е. Д. Белоусов, Ю. М. Лукьянов, Т. А. Усатова и др. ИИИмосстрой. Способ отделки поверхностей железобетонных изделий.

№ 757665. Ю. П. Трифонов, С. С. Дениелян и В. Я. Анисимов. ЮжЗНИИЭПсельстрой. Устройство для нагнетания легкбетонных смесей на перистых заполнителях.

№ 757667. С. П. Голиков. Днепротрестсельконструкция. Устройство для натяжения гибкой арматуры.

№ 757722. И. И. Стрелков. ПКБ по механизации энергетического строительства. Устройство для механической обработки бетонных поверхностей.

№ 32

№ 759309. И. И. Хилько, И. В. Поперечный, И. Г. Брискин и М. Н. Полицук. НИЛ Мехстрой Главкиевгорстроя. Установка для вакуумирования бетонных изделий.

№ 759311. В. К. Белый, Е. Ф. Кириченко, В. И. Самохвалов и Л. Е. Дубская. СКБ Главмостострой. Установка для изготовления железобетонных блоков коробчатого сечения.

№ 759312. З. П. Лозовская, Л. А. Полонский и В. В. Словка. ЛенЗНИИЭП. Способ формирования изделий.

№ 759313. И. И. Мацевич, Л. М. Лапин, Ю. Б. Качалов и др. КТБ с опытным производством при ИСиА Госстроя БССР. Устройство для резки ячеистобетонных блоков.

№ 759315. Е. Ф. Лапир, Д. Н. Гамза, Н. К. Карапетов и др. Индустройпроект. Бетонукладчик трубоформовочных установок.

№ 759316. Б. В. Соловьев, Н. А. Минин и Б. М. Змеев. КБ по железобетону Госстроя РСФСР. Бетонукладчик.

№ 759485. Ю. С. Токарев, К. Т. Бондарев, М. Н. Шаталов и др. НИИ-стекла. Огнеупорная бетонная смесь.

№ 759486. Ю. П. Горлов, И. А. Илясова, Б. У. Седунов и Г. В. Криворотенко. МИСИ. Способ приготовления бетонной смеси.

№ 759492. В. М. Киселев и В. С. Савосин. Уральский Промстройинипроект и Свердловский шинный з-д. Способ гидроизоляции строительных конструкций.

№ 759673. В. Г. Федулов. Сборная железобетонная рама.

№ 759674. В. Г. Федулов. Сборная железобетонная свайная рама.

№ 759686. Ю. А. Поволоцкий, С. В. Савельев, Э. Д. Даниэльян и Ю. И. Ованов. Устройство для отделки цементно-песчаных и бетонных поверхностей.

№ 33

№ 761260. В. И. Железняк, Ю. В. Ушаков и В. А. Шефшель. СКБ Кассетдеталь. Опалубка для изготовления железобетонных изделий.

№ 761265. Г. Я. Вильчинский. Кантователь для железобетонных панелей.

№ 761268. П. В. Анисимов, А. В. Линцер и С. В. Воронов. Брянский технологический ин-т и Тюменский инженерно-строительный ин-т. Способ бетонирования бетонных и железобетонных изделий.

№ 761435. Г. Н. Межевой, Н. И. Пикитенко, В. С. Русол и др. Проектнотехнологический трест Оргстрой. Комплексная добавка для бетонной смеси.

№ 761436. А. В. Лагойда, А. А. Евдокимов, Б. А. Крылов и др. НИИЖБ. Бетонная смесь.

№ 761437. Г. В. Серегин, В. П. Михайловский, А. Т. Пименов, В. Р. Сердюк и др. Карагандинский политехнический ин-т. Комплексная добавка в цементобетонную смесь.

№ 761440. Б. О. Гурецкий, Т. В. Кузнецова, Г. Ф. Куликова и др. НИИцемент. Бетонная смесь.

* См.: Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1980

**В 1981—1982 гг.
выйдут в свет
сборники трудов
НИИЖБ**

Научные исследования в области жаростойкого бетона. Под. ред. Б. А. Крылова.

Научные исследования в области защиты бетона и железобетона от коррозии. Под ред. В. М. Москвина, Ю. А. Саввиной.

Исследования конструкций из бетонов на пористых заполнителях. Под ред. Ю. В. Чиненкова.

Исследование и применение напрягающего бетона и самонапряженных железобетонных конструкций. Под ред. В. В. Михайлова.

Прочностные и деформационные характеристики элементов бетонных и железобетонных конструкций. Под ред. А. А. Гвоздева, Ю. П. Гущин.

Предварительно напряженные железобетонные конструкции зданий и сооружений. Под ред. Г. И. Бердичевского.

Новое в технологии жаростойких бетонов. Под. ред. К. Д. Некрасова.

Бетон тяжелый и его разновидности. Под ред. Л. А. Малининой.

Коррозионно-стойкие бетоны и железобетонные конструкции. Под ред. С. Н. Алексеева, Ю. А. Саввиной.

Вопросы технологии конструирования железобетона. Под ред. Н. Н. Коровина, Б. А. Крылова.

Исследования в области новой технологии и конструирования железобетонных конструкций. Под ред. Б. А. Крылова, Н. Н. Коровина.

Новые исследования элементов железобетонных конструкций при различных состояниях. Под ред. А. А. Гвоздева.

Поведение бетонов и элементов железобетонных конструкций при нагреве. Под ред. А. Ф. Милованова.

Исследование бетонов на алитовых цементах. Под ред. С. А. Миронова, С. А. Высоцкого.

Исследование и применение бетонов с суперпластификаторами. Под ред. Ф. М. Иванова, В. Г. Батракова.

Экономическая эффективность производства и применения железобетона. Под ред. В. И. Агаджанова.

Исследование и практика заводского производства железобетона. Под. ред. Б. В. Гусева, И. Ф. Руденко.

Развитие технологии, расчета и конструирования железобетонных конструкций. Под ред. Б. А. Крылова, Н. Н. Коровина.

Заказы на издания НИИЖБ следует направлять по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., 6, ОНТИ НИИЖБ.