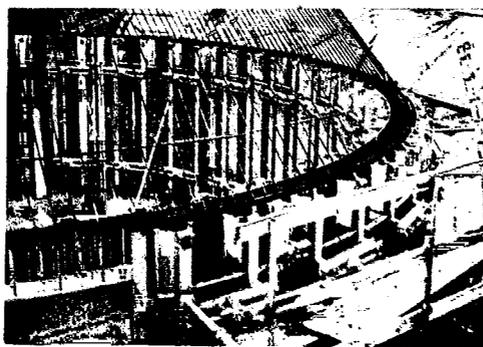


БЕТОН **БЖБ** И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

№2
апрель
1995

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ



ЖИЛЫЕ, ГРАЖДАНСКИЕ
И ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ОБЪЕКТЫ —

лишь небольшая часть
широчайшей номенклатуры
зданий и сооружений,
которые в современном мире
возводят с применением
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА.

НАШЕМУ ЖУРНАЛУ — СОРОК ЛЕТ

Нашему журналу сорок лет

Четыре десятилетия достойное место в ряду отраслевой периодики строительного профиля по праву занимает научно-технический и производственный журнал «Бетон и железобетон». Он представляет весь спектр интересующих специалистов проблем: результаты перспективных исследований, разработки новейших материалов, методики расчета конструктивных систем бетонных и железобетонных зданий и сооружений, проблемы бетоноведения, создания новых видов арматуры, проектирования, заводского производства и монтажа изделий и конструкций.

Гордость журнала — его авторский коллектив — крупнейшие отечественные ученые и практики, известные как в России, так и за ее пределами. Их выступления на страницах «Бетона и железобетона» посвящены рассмотрению наиболее актуальных и эффективных технологий изготовления материалов и конструкций, арматуры, производства бетонных и железобетонных работ, способов достижения максимальной экономии материалов при возведении жилых, общественных и промышленных зданий различных конструктивных систем.

Столь же оперативно журнал информирует своих читателей о новейших, порой уникальных разработках зарубежных фирм. Особо хочется отметить практическую направленность таких публикаций: использование отходов промышленности и местных строительных материалов для изготовления экономичных бетонов, повышение качества и долговечности бетона и конструкций на его основе, прогрессивные методы оптимального управления строительством и производством бетонных, железобетонных, монолитных и сборно-монолитных конструкций, утилизация и захоронение отходов и др.

Роль журнала «Бетон и железобетон» трудно переоценить. А в последнее время его деятельность значительно расширилась. Он не только знакомит своих читателей со всеми научными и практическими достижениями в деле совершенствования бетона и железобетона, но и помогает производителям и потребителям найти друг друга, наладить взаимовыгодные прочные связи. Журнал широко известен за пределами нашей страны и пользуется авторитетом у зарубежных читателей. Многие западные ученые считают для себя престижным публиковать свои работы в «Бетоне и железобетоне».

Эта разносторонняя и полезная для всего строительного комплекса работа вряд ли могла бы осуществляться столь успешно без тесного сотрудничества журнала с профессиональными и компетентными экспертами, без серьезного участия и поддержки учредителей, редакционной коллегии «Бетона и железобетона», в состав которой входят ведущие ученые и специалисты отрасли.

Издательство «Стройиздат» выражает признательность редколлегии журнала, главному редактору Р.Л. Серых и его заместителю А.А. Шлыкову, который работает в журнале уже свыше двадцати лет. Именно их усилиями журнал твердо занял позицию пользующегося уважением и доверием специалистов информационного научно-технического и производственного органа крупнейшей строительной отрасли.

Сегодня у журнала «Бетон и железобетон» юбилей — 40 лет!

Издательство «Стройиздат» радо поздравить своих коллег с этой замечательной датой и пожелать коллективу, редакционной коллегии, авторам и всем читателям журнала «Бетон и железобетон» новых профессиональных и творческих успехов, здоровья, счастья, удач, а главное — пусть их труд всегда будет нужен и полезен строителям.

От имени коллектива издательства «Стройиздат»

 В.А. Касаткин

Учредители:

ВНИИжелезобетон, НИИЖБ, АК «Полимодр»

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Сизов В.П.</i> К 40-летию журнала «Бетон и железобетон»	2
Бетоны	
<i>Иванов Ф.М., Малинина Л.А.</i> Бетонovedение и его роль в техническом прогрессе строительства	4
Арматура	
<i>Михайлов К.В.</i> Становление современной номенклатуры арматурных сталей	6
<i>Мадатян С.А., Морозов С.И., Демченко Е.М.</i> Новая свариваемая арматура класса А400С	8
Конструкции	
<i>Чиненков Ю.В., Савин В.И., Король Е.А.</i> Ресурсо- и энергосберегающие ограждающие конструкции зданий	11
Заводское производство	
<i>Руденко И.Ф., Толорая Д.Ф.</i> Пути совершенствования заводской технологии сборного железобетона	13
Строительное производство	
<i>Крылов Б.А.</i> Состояние и проблемы монолитного строительства	15
Вопросы реконструкции	
<i>Клевцов В.А.</i> Методы обследования и усиления железобетонных конструкций	17
Теория	
<i>Залесов А.С.</i> Этапы и перспективы развития теории железобетона	20
<i>Бондаренко В.М.</i> Вопросы управления гистерезисными энергопотерями строительных конструкций	22
Стандарты и нормативные документы	
<i>Залесов А.С., Дробященко И.М.</i> Комплекс нормативных документов «Бетонные и железобетонные конструкции»	25
Информация	
<i>Серых Р.Л.</i> Мини-технологии в программе «Стройпрогресс»	25
<i>Римшин В.И.</i> Проблемы долговечности	27
Зарубежный опыт	
<i>Трамбовецкий В.П.</i> Эксплуатация строительных конструкций и сооружений	28
<i>Ночный А.В., Подмазова С.А., Волков Ю.С.</i> Производство товарного бетона во Франции	30

Москва

Издательство
литературы
по строительству

© Стройиздат, журнал «Бетон и железобетон», 1995

К 40-летию журнала «Бетон и железобетон»

Разгромив в 1945 г. фашистскую Германию, страна приступила к послевоенному восстановлению народного хозяйства. К началу 50-х годов в основном был достигнут довоенный уровень экономики. Однако жилищная проблема резко обострилась и требовала срочного решения. В связи с этим правительство в 1954 г. приняло постановление «О развитии производства сборных железобетонных конструкций и деталей для строительства». После этого началось повсеместное возведение заводов ЖБИ, полигонов, домостроительных комбинатов.

Для оказания практической помощи начавшей бурное развитие новой отрасли строительной индустрии был создан научно-технический и производственный журнал «Бетон и железобетон», первый номер которого вышел в апреле 1955 г. Его редактором стал крупный строитель Н.К. Проскуряков, а заместителем И.К. Иванов. Была образована редакционная коллегия журнала, в состав которой вошли известные строители и ученые Б.Г. Скрамтаев, М.Я. Карташев, А.А. Гвоздев, В.И. Овсянкин, В.В. Бургман и др. В последующем состав редколлегии расширился и обновлялся. В разные годы в нее входили В.М. Москвин, И.Н. Ахвердов, Р.И. Каралов, М.В. Киселев, Н.М. Колоколов, К.В. Михайлов, В.В. Михайлов, Ю.П. Гуца, В.Н. Байков, М.Г. Костюковский, Ю.В. Волконский, Б.Я. Рискинд, А.М. Горшков, Ю.М. Баженов, В.Г. Батраков, В.М. Бондаренко, В.Г. Довжик, Ю.Г. Хаятин, В.М. Скубко, В.А. Рахманов и др.

Журнал всегда стремился объективно отражать процессы и тенденции, происходящие в одной из крупнейших отраслей строительного комплекса, коей является промышленность бетона и сборного железобетона. Для ознакомления специалистов со своими планами, выяснения читательского спроса, проведения дискуссий, организации и заказа статей редакция проводила читательские конференции во многих городах страны. Кроме того, в некоторых республиках, областях и регионах действовали советы содействия журналу, что способствовало привлечению широкого круга специалистов к активному участию в его работе и подписке на него. По выходе свежих номеров в строительных организациях, НИИ, вузах часто проходили обсуждения опубликованных материалов и высказывались пожелания в адрес редакции относительно совершенствования ее деятельности.

Публикуемые в журнале статьи по тематической направленности распределяются по рубрикам, охватывающим все аспекты исследований, проектирования, производства, монтажа и поддержания в эксплуатационном состоянии бетонных и железобетонных изделий, элементов, конструкций, зданий и сооружений.

Среди традиционных рубрик журнала можно назвать такие, как «Конструкции», «Бетоны», «Арматура и закладные детали», «Заводское производство», «Строительное производство», «В помощь проектировщику», «В помощь заводским лабораториям», «В помощь строительным лабораториям», «Теория», «Долговечность», «Использование промышленных отходов», «Вопросы экономики», «Зарубежный опыт», «В порядке обсуждения», «Библиография», «Информация», «Хроника» и др. В последнее время журнал все более пристальное внимание уделяет вопросам экологии и связанным с нею проблемам.

Рубрику «Конструкции», например, образуют статьи, рассматривающие работу конструкций из обычного и преднапряженного бетона и железобетона, эксплуатируемых в различных условиях. Здесь приводятся схемы и расчеты конструкций разного типа, анализируется их поведение, предлагаются новые рациональные решения. В рубрике «Арматура» освещается весь комплекс работ, связанный с использованием и поведением арматуры, обсуждаются новые ее виды, приводятся методы расчета арматурных каркасов, закладных деталей, сварных соединений и т.п., излагаются мероприятия по экономии арматуры и методы защиты ее от коррозии.

Рубрика «Бетоны» охватывает широкий спектр вопросов бетоноведения: дозировку составляющих, перемешивание, перевозку бетонной смеси, укладку бетона в формы и опалубку, уход за свежееуложенным и твердеющим бетоном, методы подбора составов бетонов и получения специальных их видов. Здесь же рассматриваются способы применения химических и иных добавок (пластифицирующих, воздухо- и газообразующих, ускорителей твердения, замедлителей схватывания, противоморозных и др.), получения морозостойких и водонепроницаемых бетонов, влияния методов уплотнения и тепловой обработки бетона на его однородность, прочность, долговечность и другие свойства. Сюда же обычно помещаются статьи, описывающие свойства затвердевших бетонов и характер изменения их во времени.

В рубрике «Заводское производство» приводятся рациональные режимы тепловлажностной обработки бетона, освещаются методы его электропрогрева, применения разогретых бетонных смесей, отдельной технологии приготовления. Излагаются требования к цементам и заполнителям, добавкам, к формам для изготовления изделий и контрольных кубов. Вопросы применения монолитного бетона, его доставки, укладки и ухода за ним, использования рациональных опалубочных систем в построечных условиях составляют содержание рубрики «Строительное производство».

Крупный раздел в журнале всегда составляла рубрика «В помощь проектировщику». Здесь освещаются эффективные методы расчета железобетонных элементов, узлов и конструкций, работающих в различных условиях; приводятся нормативные данные для расчета; обосновываются всякого рода эмпирические коэффициенты для обычного тяжелого, мелкозернистого, легкого и ячеистого бетонов. В рубрике «Долговечность» рассматриваются вопросы коррозии бетона и арматуры, прогнозирования морозостойкости бетонов на стадии их проектирования, излагаются методы защиты бетона и конструкций от разных агрессивных воздействий.

Всегда представляла интерес рубрика «В порядке обсуждения», где публикуются проблемные, критические, дискуссионные статьи с анализом различных теорий, методов и предложений специалистов, придерживающихся разных точек зрения по общим проблемам.

Вряд ли стоит останавливаться на характеристике прочих рубрик журнала: их наименование само говорит об их содержании. Можно лишь добавить, что периодически редакция выпускает так называемые тематические номера журнала, в которых в разрезе принятой рубрики находят отражение какая-то одна важная проблема строительной отрасли. Например, в таких номерах освещались результаты исследований и применения химических добавок, песчаного, легкого бетонов, новые виды арматуры и арматурные работы, производство строительных работ в зимнее время и в районах с сухим жарким климатом, эффективные виды тепловлажностной обработки бетона и многие другие.

Иногда такие тематические номера посвящаются крупным научно-техническим мероприятиям (конференциям, симпозиумам, съездам и т.п.), имеющим отраслевое значение.

Публикуемые в журнале материалы всегда оказывали практическую помощь работникам всего строительного комплекса: стройиндустрии, заводам железобетонных изделий, домостроительных комбинатов, проектным организациям, инженерно-техническим работникам, студентам и преподавателям вузов строительного профиля. Журнал пользуется большим авторитетом у специалистов в нашей стране и за рубежом. Всего за четыре десятилетия существования издания вышло 473 номера. Опубликовано более 10 тысяч статей почти 30 тысяч авторов.

В последние годы, характеризующиеся протеканием трудного и болезненного процесса поиска путей перевода экономики страны на рыночные отношения, когда старые основы во многом порушены, а новые еще не сформировались, наш журнал, как и вся научно-техническая периодика, испытывает организационно-экономические и финансовые трудности. В результате редакции пришлось несколько перестроить свою работу и принять определенные меры (например, интенсифицировать рекламно-коммерческую деятельность, изменить периодичность и полиграфбазу издания и др.), чтобы повысить «выживаемость» журнала на этом трудном этапе.

Редакция надеется, что наши читатели и учредители с пониманием отнесутся к этим вынужденным мерам и своим активным участием в подписке на журнал, оказанием ему финансовой поддержки помогут редакции его сохранить в этот трудный и, будем полагать, временный период.

Отмечая 40-летний юбилей журнала «Бетон и железобетон», поздравляем всех его сотрудников, авторов, членов редакционной коллегии и учредителей, желаем им и нашим подписчикам и читателям творческих успехов, здоровья, благополучия, счастья.

В.П. Сизов,
член редколлегии журнала,
д-р техн.наук

Ф.М. ИВАНОВ, Л.А. МАЛИНИНА, доктора техн.наук, профессора

Бетонование и его роль в техническом прогрессе строительства

Железобетон — основной конструкционный материал современного строительства, что подтверждается практикой его применения за последние 100 лет. По существу, свойства бетона влияют на все технические параметры бетонных и железобетонных конструкций и имеют определяющее значение для характеристики несущей способности и эксплуатационной пригодности этих конструкций при различных внешних условиях.

Исследование свойств бетона, создание новых его видов на основе применения новых материалов (цементов, заполнителей, химических добавок), прогрессивных оборудования и технологий производства сборного железобетона, возведение сооружений из монолитного бетона, сочетание бетона с полимерными материалами и нетрадиционными видами арматуры, внедрение железобетона в другие области техники (судоостроение, машиностроение и др.) составили содержание работ в сфере бетонования за последние 40—50 лет.

Эти работы получили дополнительный импульс в постановлении правительства СССР в 1954 г. о развитии производства сборного железобетона.

Быстрый рост объемов строительства с применением железобетона в послевоенные годы был тесно связан с увеличением производства цемента. Так, например, если в 1950 г. цемента было выпущено 10 млн.т, а сборного железобетона 3 млн.м³, то в 1990 г. эти цифры составили соответственно 137 млн.т и 160 млн.м³, т.е. объем производства сборного железобетона за этот период вырос более чем в 50 раз.

В специализированных научно-исследовательских организациях, существовавших с 20...30 годов (ЦНИИПС, ВНИИГ им. Веденеева, Гипроцемент, НИС гидропроект им. С.Я. Жука и др.), и во вновь созданных в послевоенные годы (НИИЖБ, НИИЦемент, ВНИИЖелезобетон, ВНИИ транспортного строительства, СоюздорНИИ и др.), а также в многочисленных ведомственных научно-исследовательских и проектных институтах и лабораториях строительного профиля и на кафедрах вузов

(ЛИСИ, МИСИ, ВЗИСИ, МИИТ, НИИЖТ и во многих других, расположенных на территории быв. СССР) развиваются исследования теоретических основ и технологии производства цемента и бетона. Проводятся глубокие исследования физико-химических процессов твердения цементов, структуры цементного камня, закономерностей формирования прочности и стойкости бетона при различных воздействиях. Решается множество практических задач интенсификации производства цемента и бетона, создания оборудования для них, повышения качества конструкций, использования местного сырья, отходов промышленности и т.п.

Темпы развития бетонования наглядно иллюстрируются количеством научных монографий, подытоживающих результаты научных исследований в этой области. Динамика роста их числа выглядит весьма показательной: 1950...1960 гг. — 13; 1961...1970 гг. — 27; 1971...1980 гг. — 36; 1981...1990 гг. — 14. Общее число научных публикаций на эту тему за указанный период не поддается учету. Регулярно проводимые конференции по цементу и бетону (всего их было 10) служили для подведения итогов и определения научно-технических задач на ближайшую перспективу.

Основными направлениями исследований в бетоноведении были:

совершенствование свойств бетонов — прочности, длительной стойкости к действию температуры, влажности и химических веществ;

создание высокопрочных и высокоморозостойких бетонов;

создание бетонов на новых видах цементов и других вяжущих (безусадочных, расширяющихся, коррозионностойких, в том числе на полимерных связующих, бетонов для специальных конструкций дорожных и аэродромных покрытий, судоостроения и т.п.);

разработка конструкционных и конструкционно-теплоизоляционных бетонов на пористых заполнителях, ячеистых бетонов (пено- и газобетонов) и конструкций из них;

разработка бетонов со специальными свойствами — жаростойких

и огнестойких, электроизоляционных и электропроводных, поглощающих или экранирующих радиоактивные излучения;

биоцидных, кавитационностойких и др.

Повышение прочности бетона, в особенности в раннем возрасте, было постоянной задачей, стоящей перед бетонованием. Успехи в этом направлении достигались не только в результате повышения марок цемента, но и за счет введения химических добавок — пластификаторов и суперпластификаторов, а в последнее время рекордные прочности бетона (свыше 100 МПа) получены путем совместного применения суперпластификатора и тонкодисперсного кремнезема (микрокремнезема). Динамика роста максимальной прочности бетона при сжатии (в МПа) по годам такова: 1940 — до 40; 1950 — 50...55; 1960 — 50...60; 1970 — 60...70; 1980 — 70...80; 1990 — 100...120.

Проектирование и строительство из сборного и монолитного железобетона таких уникальных сооружений, как плотины ГЭС на Волге и сибирских реках, телевизионные башни, морские сооружения на севере и многие другие, потребовали решения новых сложных задач, не имевших аналогов в зарубежной практике. Необходимы были исследования для создания цементов и бетонов, наиболее эффективных и учитывающих специфические требования к прочностным, деформативным, технологическим свойствам, а также к стойкости бетонов в различных условиях службы конструкций и сооружений, при всем многообразии действия внешней среды и нагрузок.

В условиях постоянного дефицита цемента, когда зачастую объемы и сроки строительства определялись его наличием, особое значение приобрели вопросы экономии этого основного строительного материала. Это была не только организационно-техническая задача, но стали необходимы исследования по снижению расхода цемента путем увеличения тонкости его измельчения и главным образом за счет замены части клинкера

тонкомолотыми природными или техногенными дисперсными минеральными добавками. Пути решения проблемы цементного «голода» стали постоянной темой научно-технических дискуссий. Использование химической активности дисперсных материалов разного происхождения, их оптимального гранулометрического состава позволяло получать эффективные вяжущие для различных бетонов.

Эти исследования во многом базировались на результатах большой работы, проведенной в 30-е годы комиссией по добавкам (С.И. Дружинин, В.Н. Юнг, С.М. Рояк, В.А. Кинд и др.). Благодаря усилиям этих ученых наша страна длительное время занимала ведущие позиции в мире по производству цемента с минеральными добавками. Лишь с 80-х годов по настоящее время в связи с проблемой экономии энергоресурсов за рубежом стали интенсивно расширяться исследования многокомпонентных цемента и бетонов на их основе.

Несмотря на сопротивление промышленному применению цемента с активными минеральными добавками выполненные работы дали толчок дальнейшим исследованиям по развитию номенклатуры добавок: природных (трепел, опока, трасс и др.) и искусственных (шлаки, золы, горелые породы и др.). Если по использованию основных доменных шлаков мы располагали значительным зарубежным опытом, то возможность применения кислых уральских шлаков удалось показать на основании большого объема собственных экспериментальных исследований.

Введение в цементы и бетоны пылевидной золы ТЭС, улучшающей технологические свойства бетонной смеси (связность, нерасслаиваемость, снижение водоотделения, повышение удобоукладываемости), стало в настоящее время общепризнанным, в том числе и за рубежом. Были разработаны и предложены разнообразные технологические процессы, повышающие эффективность многокомпонентных цемента; шлакопортландцементы различного состава и, наконец, шлакощелочной цемент нашли определенные области применения.

В последние годы удалось сформулировать физико-химические и технологические основы получения тонкомолотых многокомпонентных цемента (ТМЦ) с использованием минеральных добавок природного и техногенного происхождения. В сочетании с ПАВ новые вяжущие позволяют получать равномероч-

ные бетоны при экономии 30...50% клинкера и 20...30% энергоресурсов на их изготовление. Разработано новое вяжущее (ВНВ), на основе которого можно изготавливать бетоны с широким диапазоном марок, в том числе высокопрочных.

В качестве нового высокоэффективного компонента был исследован и применяется пылевидный кремнезем (микрокремнезем), который совместно с С-3 позволил повысить прочность бетона до класса В80 и более. Тесная связь науки о цементах и бетоне проявилась и при создании новых видов бетонов. Результаты исследований новых цементов (безусадочного и напрягающего) позволили получать бетоны и конструкции из них повышенной водонепроницаемости.

Эксплуатационная пригодность бетона и ее сохранение в течение всего срока службы конструкции зависят от качества структуры бетона (его стойкости к внешним воздействиям, многократным нагрузкам не только в результате механических сил, но и от возникновения внутренних напряжений при увлажнении и высыхании бетона, действия переменных температур, замораживания и оттаивания). Исследования в этих направлениях позволяют в настоящее время подойти к проектированию железобетонных конструкций с позиций современной теории разрушения. В ее основе лежит подход к оценке потенциальных свойств бетона по величине и характеру проявления энергии разрушения. При таком методе учитываются не только прочностные, но и деформативные свойства бетона, усадка и набухание, ползучесть различного вида, деформации при замораживании и оттаивании. Эти вопросы нашли всестороннее и глубокое развитие для бетонов на различных цементах, при разных составах и параметрах бетонной смеси, условиях твердения и способах уплотнения.

Вибрирование бетонной смеси, впервые примененное в нашей стране в 30-е годы, было предметом изучения, и в его технологии наблюдаются значительные усовершенствования. Удалось разработать высокочастотные вибраторы, вибраторы, сочетающие колебания с ударным воздействием, режимы вибрирования подбирались применительно к размерам и форме конструкций. Дискуссия об оптимальных способах уплотнения в сочетании с оптимальной удобоукладываемостью бетонной смеси не закончена и сейчас.

Среди задач бетоноведения необходимо назвать исследования и разработки способов ускорения твердения бетона при производстве бетонных работ в различных и особенно в зимних условиях, а также вопросы стойкости бетона при действии замораживания и оттаивания. Исследования незамерзающих бетонов и многочисленных способов создания условий для их твердения, в том числе и в заводских условиях с применением нетрадиционных источников тепла, стали приоритетными для отечественной науки.

Уже упоминалось о большой роли химизации технологии бетона и о крупных исследованиях в этой области (см., например, широко известную монографию по этой проблеме В.Г. Батракова «Модифицированные бетоны», М., Стройиздат, 1990). Достижения в этом интереснейшем направлении стали возможны в результате использования фундаментальных наук — химии, физической химии и физико-химической механики. Введение в композицию добавок-модификаторов коренным образом изменило свойства бетонной смеси и бетона. В частности, применение поверхностно-активных добавок, так называемых воздухововлекающих или газовыделяющих, стало основой для производства бетонов высокой морозостойкости. Это решение явилось частью общей задачи придания бетону повышенной длительной стойкости и сохранения его эксплуатационной пригодности. Процессы взаимодействия между бетоном и компонентами окружающей среды чрезвычайно разнообразны и сложны. Эта отрасль бетоноведения получила интенсивное развитие в 50...80-х годах и завершилась разработкой способов повышения коррозионной стойкости бетона и железобетона.

Производство бетонов связано с изъятием огромного и невозполнимого количества природных ресурсов. В то же время многие виды промышленной деятельности, и прежде всего теплоэнергетика, металлургия, горнорудная отрасль и другие, образуют огромный объем отходов, значительная доля которых может быть применена для производства составляющих бетонных материалов: вяжущих, заполнителей, различных видов модифицирующих добавок. Рациональное использование этих побочных продуктов должно составить предмет особого пристального внимания науки о бетоне.

Учитывая общую неблагоприятную экологическую обстановку, которая в результате техногенной деятельности общества стала приобретать глобальный характер, основными задачами современного бетоностроения следует считать такие, как: экономия энергии и природных материалов с заменой их техногенными отходами как стимулирую-

щий фактор исследований в области многокомпонентных вяжущих и технологии заводского производства бетонов;

химизация состава и технологии бетона;

автоматизация и компьютеризация исследований и технологии бетона;

бетоны со специальными свойствами — защитные и стойкие от широкого круга воздействий, повышенной деформативности, повышенной плотности при высокой прочности и стойкости;

создание бетонов на новых вяжущих, в том числе бесцементных.

АРМАТУРА

К.В. МИХАЙЛОВ, д-р техн.наук, проф.

Становление современной номенклатуры арматурных сталей

До середины текущего столетия основным видом арматуры железобетонных конструкций в нашей стране являлась гладкая горячекатаная сталь марок Ст0 и Ст3 с пределом текучести 230 МПа. В дополнение из этой стали сами строители изготавливали в небольших количествах различного вида арматуру, упрочненную в холодном состоянии, — витую, крученую, сплюсненную, калиброванную; применялась также низкоуглеродистая проволока общего назначения.

Принятые 1950—1960 гг. напряженные планы по быстрому росту производства железобетонных конструкций могли быть выполнены только при условии обеспечения капитального строительства эффективными и разнообразными сортами арматурных сталей, представляемых централизованно металлургической промышленностью.

Инициатива в разработке и внедрении новых видов арматурных сталей принадлежала строителям благодаря лучшему знанию требуемых свойств арматуры и необходимости экономить металл в капитальном строительстве. НИИЖБ стал головным институтом по данной проблеме, в решении которой принимали активное участие другие научно-исследовательские институты, высшие учебные заведения, проектные и производственные организации строительного комплекса. К разработке и освоению производства новых видов арматуры были привлечены ведущие научно-исследовательские институты черной металлургии, большое число металлургических и метизных заводов. В результате совместной творческой работы строителей и металлургов был создан

новый вид производства в промышленности черной металлургии — массовое производство арматурных сталей, объем продукции которого вскоре достиг 10% общего выпуска проката в стране.

Основное внимание было уделено повышению прочностных характеристик арматуры, которое достигалось за счет изменения химического состава стали (введения различных легирующих добавок и повышения содержания углерода), упрочнения в холодном состоянии волочением и вытяжкой, термической обработкой или соответствующим сочетанием указанных способов. Было разработано много новых видов арматурных сталей, которым придавался периодический профиль для обеспечения надежной совместной работы с бетоном за счет сил сцепления.

Возникла необходимость разработки единых требований к арматурным сталям и четкой их классификации.

Всю стальную арматуру для железобетонных конструкций было решено классифицировать по основной технологии ее изготовления, профилю (внешнему виду) и условию применения в конструкциях. В зависимости от технологии изготовления стальная арматура подразделяется на две основных группы — горячекатаная стержневая и холоднотянутая проволочная арматуры, которые в большинстве случаев имеют периодический профиль. В зависимости от условий применения арматуру подразделяют на ненапрягаемую и напрягаемую.

Стержневую арматуру разбили на три группы:

горячекатаная, не подвергающаяся после проката упрочняющей

обработке (углеродистая и низколегированная);

термически и термомеханически обработанная;

упрочненная вытяжкой в холодном состоянии.

Холоднотянутую проволочную арматуру подразделяют на:

арматурную проволоку;

витую проволочную арматуру (канаты с различным числом проволок);

арматурные проволочные изделия (сварные и тканые сетки).

Было установлено, что арматурные стали должны удовлетворять следующим основным техническим требованиям:

иметь гарантированную минимальную прочностную характеристику (предел текучести физический или условный, временное сопротивление разрыву);

иметь гарантированную минимальную величину, характеризующую пластичность (относительное удлинение после разрыва, угол загиба, число перегибов);

иметь гарантированные пределы изменения геометрических характеристик (поперечного сечения, профиля, длины стержней и др.).

Следует отметить, что все виды арматуры, разработанные для применения в обычных железобетонных конструкциях, должны быть свариваемы тем или иным способом для возможности индустриализации арматурных работ.

Был разработан стандарт на испытание всех видов арматуры на растяжение по единой методике (ГОСТ 12004).

В зависимости от требуемых и гарантируемых прочностных характеристик арматурные стали были разделены на классы, каждый из

которых получил свое условное обозначение.

Как указывалось выше, с 50-х годов началась систематическая работа по созданию новых арматурных сталей. Были разработаны несколько классов горячекатаной арматуры периодического профиля средней и высокой прочности из низколегированной стали различных марок (с добавкой марганца, кремния, хрома, титана, циркония и др.). Значительным вкладом в дальнейшее развитие арматурных сталей явился разработанный в нашей стране метод производства термомеханически упрочненной стали в процессе проката (быстрое и равномерное охлаждение стали, деформированной в горячем состоянии); появилась возможность получения стержневой арматуры с временным сопротивлением до 1400 МПа с минимальным расходом легирующих добавок. Массовая поставка такой арматуры началась во второй половине шестидесятых годов. На основные виды арматурных сталей были разработаны государственные стандарты, которые периодически совершенствуются. В результате в настоящее время ГОСТ 5781 содержит шесть основных классов стержневой горячекатаной арматуры (А-I...А-VI) с пределом текучести от 235 до 1000 МПа. ГОСТ 10884 предусматривает пять основных классов термомеханически упрочненной арматуры (Ат-III...Ат-VII) с условным пределом текучести от 450 до 1200 МПа; кроме того, эта арматурная сталь имеет подклассы свариваемой (Ат-IIIС, Ат-IVС, Ат-VСК) и коррозионно-стойкой (Ат-IVК, Ат-VК, Ат-VIК) арматуры.

Арматура класса А-III с пределом текучести 400 МПа сначала изготавливалась из кремнемарганцовистой стали марки 25Г2С и благодаря своим отличным техническим характеристикам быстро завоевала ведущее положение в армировании обычных железобетонных конструкций. Однако металлургическая промышленность из-за дефицита ферромарганца не смогла обеспечить производство этой стали в требуемом, все возрастающем, количестве.

Металлургами была предложена более экономичная арматура класса А-III из стали марки 35ГС, которая до настоящего времени является основным видом арматуры для обычных железобетонных конструкций. В последние годы к ней прибавилась термомеханически упрочненная арматура классов Ат-IIIС и Ат-IVС. Массовое применение арматуры этих классов обеспе-

чивает получение основной доли экономии металла в железобетоне.

Развернувшееся в стране огромное по своим масштабам строительство в 50-х—80-х годах стало возможным благодаря созданию хорошо оснащенной промышленности сборного железобетона. Во всех регионах были построены механизированные заводы, выпускающие многочисленные сборные конструкции для гражданского и промышленного строительства. На этих заводах было организовано производство предварительно напряженных железобетонных конструкций, основанное на электротермическом способе натяжения стержневой арматуры классов А-IV и Ат-VС с пределом текучести 600 МПа. В последующем для этой цели получила применение арматура пятого класса с пределом текучести 800 МПа. Таким способом в массовом масштабе изготавливаются многопустотные панели перекрытий.

При производстве длинномерных конструкций для производственных зданий, как правило, применяется арматура класса А-IV...А-VI, натяжение которой осуществляется механическим способом. Однако отсутствие стержневой арматуры высокой прочности диаметром более 20 мм привело к тому, что строителям пришлось организовать у себя упрочнение вытяжкой стержней больших диаметров из стали класса А-III.

Широкое применение сборных тонкостенных и предварительно напряженных железобетонных конструкций увеличило потребность в проволочной арматуре различного вида.

Низкоуглеродистую холоднотянутую проволоку класса В-I с условным пределом текучести 400 МПа диаметром 3...5 мм применяют для армирования обычных железобетонных конструкций преимущественно в сварных сетках и каркасах. Была установлена целесообразность применения такой проволоки периодического профиля и освоено ее изготовление на метизных заводах. К сожалению, сварные сетки пришлось изготавливать на заводах сборного железобетона, так как метизная промышленность не организовала их массового производства.

Для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций весьма эффективно применение высокопрочной углеродистой (до 0,9% углерода) холоднотянутой проволоки гладкой и периодического профиля класса В-II диаметром до 8 мм с условным пределом текучести от 1200 до

1500 МПа. Из такой проволоки диаметром до 5 мм на метизных заводах было организовано изготовление витых арматурных элементов в виде семи- и девятнадцатипроволочных канатов (классов К-7 и К-19).

Высокопрочная проволока и канаты К-7 используются при стендовом производстве предварительно напряженных плит, балок и ферм, а также для армирования напорных труб, железнодорожных шпал, опор линий электропередачи и других специальных конструкций. Разработан и получил производственное применение высокомеханизированный способ раскладки и натяжения проволочной арматуры, известный как метод непрерывного армирования.

На низкоуглеродистую проволоку, высокопрочную проволоку и семипроволочные канаты разработаны и действуют государственные стандарты (ГОСТ 6727, ГОСТ 7348, ГОСТ 13840).

Таким образом, за истекшие 40 лет в стране разработана и действует широкая номенклатура арматурных сталей для обычных и предварительно напряженных железобетонных конструкций, насчитывающая более двадцати различных видов и классов, которая удовлетворяет большинству требований различных видов строительства. Конечно, это справедливо при условии, что металлургическая промышленность будет регулярно поставлять все разработанные виды арматурных сталей.

По разнообразию и полноте отечественная номенклатура арматурных сталей занимает одно из первых мест в мире. В 1985 г. общий объем производства всех видов арматурных сталей превысил 11 млн.т. В последние годы была проделана большая работа по совершенствованию периодического профиля горячекатаной арматуры, разработан и внедрен более экономичный серповидный профиль, ведутся работы по внедрению маркировки арматуры в процессе проката.

Однако предстоит еще многое сделать для дальнейшего улучшения свойств стальной арматуры. Непрерывный рост стоимости сырья, энергии и транспорта, усиливающийся дефицит легирующих добавок, повышение требований к долговечности и надежности конструкций выдвигают на первый план следующие задачи:

разработка и освоение производства стержневой арматуры периодического профиля с условным пределом текучести 500 и 600 МПа

методом холодного проката (отказ от легирующих добавок);

выпуск арматуры с защитным покрытием из различных пластмасс;

освоение производства высокопрочной стержневой арматуры большого диаметра (до 32 мм);

организация производства стержневой арматуры винтового профиля в комплекте с соединительными муфтами и гайками;

освоение производства низкоуглеродистой проволоки периодического профиля повышенной прочности с условным пределом текучести 500 и 600 МПа;

освоение выпуска высокопрочной проволоки и канатов, подвергнутых стабилизации (низкотемпературный отпуск под напряжением);

совершенствование профиля высокопрочной проволоки;

организация постоянного производства арматурных канатов К-19.

С.А. МАДАТЯН, д-р техн.наук, проф.; С.И. МОРОЗОВ, канд.техн.наук, Е.М. ДЕМЧЕНКО, инж.

Новая свариваемая арматура класса А400С

Арматурная сталь является одним из наиболее массовых видов высокопрочного стального проката, ежегодный объем производства которого в мире составляет 50—60 млн.т. Из них 12—14 млн.т выпускается в странах СНГ и в том числе порядка 6—7 млн.т в России. Значительная часть этой продукции в настоящее время экспортируется, и это стимулирует производителей к тому, чтобы она соответствовала лучшим мировым стандартам.

Начиная с 1961 г. [1] основным видом арматуры железобетонных конструкций в нашей стране стала горячекатаная сталь класса А-III (А400) по ГОСТ 5781 с пределом текучести $\sigma_s \geq 395 \text{ Н/мм}^2$ (40 кгс/мм²). В те годы это было крупнейшим достижением техники. Эта арматура выпускается в основном из стали марок 35ГС и 25Г2С.

Сталь марки 25Г2С из-за значительного расхода ферромарганца на внутренний рынок поставляется в небольших объемах. Сталь 35ГС из-за высокого содержания углерода не соответствует требованиям стандартов ИСО, Германии, Великобритании, США и других стран к свариваемой стали (табл. 1).

Современная металлургическая технология за счет термомеханического упрочнения, микролегирования и других средств позволяет значительно увеличить пределы упругости и текучести арматуры. Поэтому при уменьшении содержания углерода до 0,2—0,25% сталь класса А400 выпускается в Германии, Великобритании, США и в других странах с пределом текучести 415—460 Н/мм². Это соответствует производимой у нас по ГОСТ 10884 термомеханически упрочненной стали класса Ат-IIIС (Ат440). Но эта арматура делается из стали Ст5пс с таким же высоким содержанием углерода, как в стали 35ГС, и также не может быть отнесена по стандарту ИСО 6935-2 к свариваемой арматуре.

Рекомендуемый ГОСТ 5781 кольцевой периодический профиль (рис. 1, а) арматуры при высоком сцеплении с бетоном существенно ухудшает свойства стали ввиду концентрации напряжений в местах пересечения поперечных и продольных ребер. Поэтому выпуск такого профиля давно прекращен во всех странах Европы. Стандартами ИСО, Германии, Великобритании и других стран предусмотрено производство стержневой арматуры с серповидным периодическим профилем (см.рис. 1, б). В нем поперечные ребра не пересекаются с продольными и за счет этого статическая прочность стали увеличивается на 4—7%, а предел выносливости — почти вдвое [2].

Проведенные нами в 1985—1991 гг. комплексные исследования [3, 4] позволили отработать геометрические размеры серповидного профиля так, чтобы, сохраняя все его преимущества, обеспечить усилие его сцепления с бетоном такое же, как и у кольцевого профиля, и создать условия полной взаимозамены им последнего. Были подготовлены соответствующие ТУ 14-2-949-91. Серповидный профиль включен в проект ГОСТ 10884—93 и в другие нормативные документы. Выпуск стержневой арматуры уже освоен или осваивается металлургическими предприятиями России, Украины, Беларуси, Молдавии и Латвии.

Таким образом, для того чтобы производимая в России свариваемая арматурная сталь класса А400С (А-III) отвечала требованиям лучших мировых стандартов, необходимо:

обеспечить содержание углерода в стали не более 0,22% при необходимом ограничении содержания других легирующих элементов (см.табл. 1);

повысить предел текучести наиболее массовой стали класса А400С не менее чем до 420 Н/мм²;

производить всю арматурную сталь для железобетона с серповидным периодическим профилем.

Поэтому целью исследований, результаты которых рассмотрены ниже, были отработка технологии производства и изучение физико-механических свойств свариваемой термомеханически упрочненной арматуры класса А400С по ТУ 14-1-5254-94 с пределом текучести $\sigma_s \geq 440 \text{ Н/мм}^2$ из стали марки Ст3пс.

Работа проводится НИИЖБом совместно с Западно-Сибирским меткомбинатом (АО ЗСМК) и другими организациями.

АО ЗСМК были выполнены и в НИИЖБе испытаны образцы 17 партий-плавов стали с изготовлением стержней диаметром 10, 12, 14, 18 и 25 мм. Сталь была получена с различным химическим составом и на предельных режимах термомеханического упрочнения для выявления возможного диапазона изменения ее механических свойств и свариваемости (табл. 2).

Углеродный эквивалент C_E определяли по формуле

$$C_E = C + Mn/6 + (Cr + V + Mo)/5 + (Ni + Cu)/15,$$

где С, Мп, Сг, V, Мо, Сu и Ni — содержание, в %, соответственно углерода, марганца, хрома, ванадия, молибдена, меди и никеля.

Испытания на растяжение проводили в соответствии с ГОСТ 12004 с построением диаграммы растяжения (рис. 2) и определением пределов упругости и текучести стали $\sigma_{0,05}$; $\sigma_{0,2}$; $\sigma_{0,5}$ или физического предела текучести σ_T , площадки текучести l_T , а также временного сопротивления σ_B и относительно го удлинения δ_5 , δ_{10} и δ_r .

Результаты испытаний 262 образцов приведены в табл. 2.

Диаграмма растяжения стали в состоянии поставки может иметь значительную (до 2—2,5%) пло-

Страна	Стандарт и марка стали	Класс и диаметр арматуры	Механические свойства			Химический состав (плавочный)					Углеродный эквивалент ²
			σ_T	σ_B	δ_5	C	Si	Mn	S	P	
			не менее			не более					
	мм	Н/мм ²	%	%							
СНГ (СССР)	ГОСТ 5781 35ГС 25Г2С	A-III (A400) 6-40	395	590	14	0,37 0,29	0,9 0,9	1,2 1,6	0,045 0,045	0,04 0,04	-
	ГОСТ 10884 Ст5пс	6-40	440	540	15	0,37	0,15	0,8	0,045	0,045	-
США	ASTM A706/A706M	Cr60 10-55	415	550 (519) ¹	14	0,3	0,5	1,5	0,045	0,035	≤ 0,55
Германия	DIN488	Bst420 6-28	420	500 ¹	14	0,2	-	-	0,05	0,05	≤ 0,65
Великобритания	BSI Bs4449 1988	Cr460 8-40	460	506 ¹	12	0,25	-	-	0,05	0,05	≤ 0,51
ИСО	ISO/DIS 6935-2	RB400W 6-40	400	440	14	0,22	0,6	0,6	0,05	0,05	≤ 0,5 (0,52)
Россия	СТО АСЧМ 7-93	A400С 6-40	400	500	16	0,22	0,9	1,6	0,05	0,05	≤ 0,5 (0,52)
Россия АО ЗСМК	ТУ 14-1-5254-94	A400С 6-25	440	550	16	0,22	0,9	1,6	0,05	0,05	≤ 0,5 (0,52)

¹ Временное сопротивление должно превышать фактическую величину σ_T не менее чем на 10%

² Углеродный эквивалент в большинстве стандартов определяется по ф-ле (1).

щадку текучести, что характерно для стержней диаметром 10—14 мм при относительно низкой прочности. С увеличением диаметра и прочности стали площадка текучести уменьшается до 0, и сталь характеризуется условным пределом текучести $\sigma_{0,2}$ (см.рис. 2). Угол изгиба при диаметре оправки $3d_s$ во всех случаях более 180°.

По результатам промышленного производства 40 тыс.т стали классов А500С и А400С диаметром 12—16 мм были отобраны плавки класса А400С и по ним сделана статистическая обработка механических свойств стали (рис. 3).

Как видно из рис. 3, сталь класса А400С отличается высокой однородностью: величины коэффи-

циентов вариации σ_T и σ_B составили соответственно 5,02% и 4,49%. Величина δ_5 во всех случаях была равна или более 17%.

При обеспеченности 0,999 ($\bar{X}-3S$), что соответствует расчетному сопротивлению по СНиПу, σ_T ($\sigma_{0,2}$) ≥ 400 Н/мм² (см.рис. 3). Рассчитанные исходя из обеспеченности 0,95 ($\bar{X}-2S$) нормативные значения σ_T , σ_B и δ_5 составили 449 Н/мм², 549,5 Н/мм² и 18,5%.

Соотношение σ_B/σ_T составило в среднем 1,21, а абсолютная разница $\sigma_B - \sigma_T = 101-104$ Н/мм².

Свариваемость стали А400С исследовали на стержнях диаметром 10, 12 и 18 мм из стали марок СтЗпс и СтЗсп.

На стержнях диаметром 18 мм изучали следующие виды сварки:

ванную сварку в медной форме; ручную дуговую сварку внахлестку;

ручную дуговую сварку в раззенкованное отверстие тавровых соединений;

дуговую сварку под флюсом тавровых соединений;

контактно-стыковую сварку; ручную дуговую сварку в крест прихватками;

контактно-рельефную сварку накладных деталей и др.

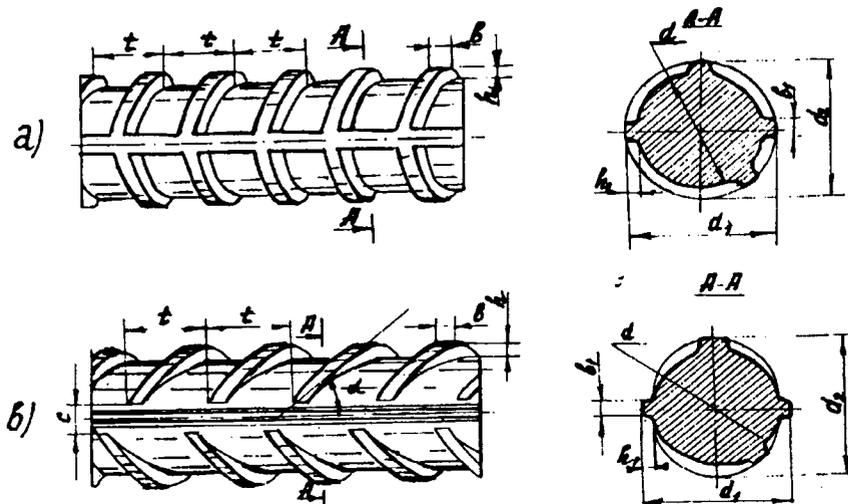


Рис. 1. Периодический профиль арматурных стержней
а — кольцевой профиль по ГОСТ 5781; б — серповидный профиль по ТУ 14-2-949-91 и ГОСТ 10884 (проект); t — шаг поперечных ребер; h — высота ребер; d_1 — наружный диаметр

Механические свойства опытных партий стали				Химический состав, в %, СтЗпс			C _E , %
σ_T ($\sigma_{0.2}$)	σ_B	δ_5	δ_p	C	Si	Mn	
Н/мм ²		%					
400–680	508–800	16–32	6–22	0,14–0,20	0,05–0,09	0,43–0,57	0,225–0,302
576,5	626,2	24,17	13,17				

роятностью можно гарантировать их прочность на уровне не менее 500 Н/мм², коэффициенте вероятности менее 9% ($S = 55$ Н/мм²). Это в 2–3 раза меньше, чем изменчивость прочности подобных соединений из стали марок Ст5 или 35ГС.

Переход на производство стали класса А400С из стали марки СтЗпс позволяет экономить около 20 кг дорогих и дефицитных марганцовистых ферросплавов на 1 т стали, что приводит к снижению себестоимости стали на 6–7% и позволяет обеспечить выпуск арматура этого класса прочности в требуемых объемах.

Многочисленные (около 500) испытания сварных соединений в НИИЖБе и закладных деталей на Хоршевском заводе ЖБИ показыва-

ют, что за исключением ванной сварки все остальные виды сварных соединений отвечают требованиям ГОСТ 10922. При этом прочность сварных соединений на стержнях, упрочненных на мягких режимах, соответствующих среднему уровню прочности промышленных партий стали (см.рис. 3), как правило, была такой же, как и у ис-

ходной стали ($\pm 5\%$), а характер разрушения всегда был пластичным. Особо следует отметить отсутствие хрупких разрушений сварных

Выводы

1. Разработана свариваемая арматурная сталь класса А400С, отвечающая по химическому составу и механическим свойствам требованиям лучших зарубежных и международных стандартов.

2. Новая сталь, по сравнению с традиционной горячекатаной сталью класса А-III, имеет следующие преимущества:

более высокие предел текучести и пластичность;

суущественно лучшую свариваемость при локальных тепловложениях; меньшую стоимость.

3. Условия применения новой арматуры устанавливают «Рекомендации по применению в железобетонных конструкциях термомеханически упрочненной свариваемой арматуры новых видов», в соответствии с которыми эта арматура практически без ограничений может применяться без перерасчета сечений взамен любой стали классов А-III (А400) и класса Ат-IIIС (Ат440).

Библиографический список

1. Мулин Н.М. Стержневая арматура железобетонных конструкций. — М., 1974, 233 с.

2. Мадатян С.А. Стержневая арматура железобетонных конструкций. — М., 1991, 74 с.

3. Мадатян С.А., Суриков И.Н., Тулеев Т.Д. и др. Анкеровка напрягаемой стержневой арматуры //Бетон и железобетон. — 1990. — N 12. — С. 9–11.

4. Мадатян С.А., Тулеев Т.Д., Суриков И.Н., Натанов А.С. Влияние геометрических размеров периодического профиля стержневой арматуры на ее механические свойства //Известия вузов. Строительство и архитектура. — 1991. — N 3. — С. 132–136.

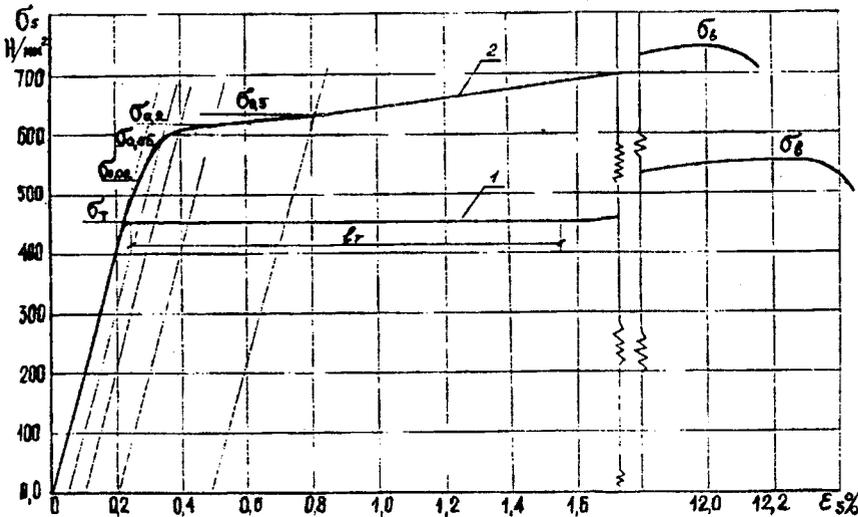


Рис. 2. Диаграмма растяжения арматурной стали класса А400С из СтЗ

ключения ванной сварки все остальные виды сварных соединений отвечают требованиям ГОСТ 10922. При этом прочность сварных соединений на стержнях, упрочненных на мягких режимах, соответствующих среднему уровню прочности промышленных партий стали (см.рис. 3), как правило, была такой же, как и у ис-

сключения ванной сварки все остальные виды сварных соединений отвечают требованиям ГОСТ 10922. При этом прочность сварных соединений на стержнях, упрочненных на мягких режимах, соответствующих среднему уровню прочности промышленных партий стали (см.рис. 3), как правило, была такой же, как и у ис-

сключения ванной сварки все остальные виды сварных соединений отвечают требованиям ГОСТ 10922. При этом прочность сварных соединений на стержнях, упрочненных на мягких режимах, соответствующих среднему уровню прочности промышленных партий стали (см.рис. 3), как правило, была такой же, как и у ис-

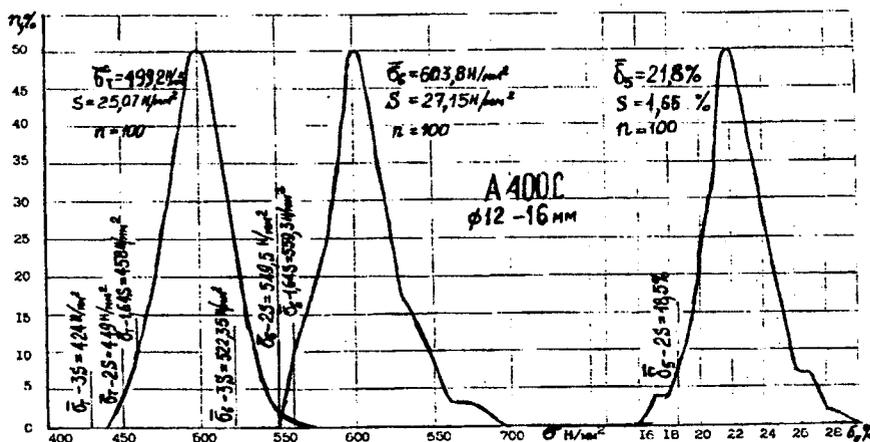


Рис. 3. Статистические данные о механических свойствах стали класса А400С производства АО ЗСМК

Ю.В. ЧИНЕНКОВ, чл.-корр. РААСН, д-р техн.наук, проф., В.И. САВИН, Е.А. КОРОЛЬ, кандидаты техн.наук

Ресурсо- и энергосберегающие ограждающие конструкции зданий

В ближайшие годы следует ожидать существенного повышения требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий и сооружений из-за постоянного роста цен на энергоносители и истощения их запасов. Важным шагом в этом направлении является постановление б. Госстроя РФ от 25.III.94 г. «О корректировке по теплу действующих проектов серий жилых домов и запрещении применения однослойных стеновых панелей плотностью свыше 900 кг/м³ в государственном и муниципальном строительстве». В постановлении предусмотрено однослойные панели плотностью свыше 900 кг/м³ заменять трехслойными с эффективным утеплителем. Готовятся предложения по повышению требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций. В экономически развитых странах в последние два десятилетия требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций значительно повысились. Например, для стен жилых зданий они возросли в 2...3 раза, что существенно выше наших отечественных.

Один из возможных путей решения вопроса — переход к трехслойным ограждающим конструкциям с утеплителем из легких бетонов низкой средней плотности с наружными слоями из конструкционного легкого или тяжелого бетона. По сравнению с однослойными конструкциями из легких бетонов, указанные трехслойные при одинаковой толщине имеют в 1,5...2 раза большее сопротивление теплопередаче, а по сравнению с трехслойными с эффективным утеплителем и гибкими связями обеспечивают повышенную эксплуатационную надежность, пожаростойкость и упрощение технологии изготовления.

Для широкого применения трехслойных ограждающих конструкций указанного типа необходимы расширение производства ультра-легких заполнителей для бетона среднего утепляющего слоя, разработки составов таких бетонов и технологии изготовления. Требуется также проведение комплексных исследований физико-механи-

ческих свойств таких бетонов, совместной их работы с конструкционным бетоном наружных слоев и разработка методов расчета трехслойных конструкций при различных силовых воздействиях по образованию трещин, жесткости и прочности, отсутствующих в нормативной литературе.

Для среднего теплоизоляционного слоя трехслойных панелей целесообразны бетоны средней плотностью 300...500 кг/м³, прочностью на сжатие 0,5...2,5 МПа, коэффициент теплопроводности которых в 2,5...4 раза ниже, чем в применяемых однослойных из легких бетонов. Здесь могут быть использованы традиционные заполнители (перлит, керамзит и их разновидности), заполнители с аморфизированной структурой (пеностеклогранулят, азерит, баротелит, диолит и стеклозит), теплопроводность которых на 25...30% ниже, чем заполнителей с кристаллической структурой, заполнители из отходов лесозаготовок, деревопереработки и сельскохозяйственных культур, а также вспученные полимерные гранулы.

С позиций ресурсосбережения и решения экологических задач перспективно использование для среднего утепляющего слоя арболита, обладающего высокими теплозащитными свойствами ($\lambda_0 = 0,07...0,1$ Вт/(м²·°С)). Для его производства имеется практически неограниченная сырьевая база и обеспечивается воспроизводимость сырья для заполнителя.

Теплозащитные свойства бетона среднего слоя трехслойных панелей могут быть, кроме того, повышены на 20...30% за счет замены портландцемента малозерноёмкими бесклинкерными или малоклинкерными вяжущими, изготавливаемыми из отходов промышленности или вулканических горных пород (туф, пемза, вулканические шлаки и др.) с активными добавками. Перспективны также вяжущие типа ВНВ, ТМЦ на основе доменных или электротермофосфорных шлаков, туфов, пемзы и других отходов с содержанием их не менее 75% по массе вяжущего.

При выборе бетона среднего слоя трехслойных панелей, формуемых для обеспечения совместной работы слоев в едином цикле, следует учитывать, что он должен выдерживать нагрузку от бетона наружного слоя до затвердения, а для набора им прочности должны быть по возможности приняты такие же режимы твердения, что и для бетона наружных слоев.

В лаборатории «Легких бетонов и конструкций» НИИЖБа в последние годы авторами статьи в этом направлении ведутся всесторонние исследования и получены положительные результаты: разработаны составы легких бетонов среднего утепляющего слоя с органическими заполнителями в виде полистирольных гранул и отходов деревопереработки, а также с поризацией бетонной смеси воздухововлекающими добавками. Изучены их физико-механические свойства и совместная работа низкопрочного бетона среднего слоя с конструкционным бетоном наружных слоев, запроектирован ряд опытных конструкций и проведены их испытания, выполнена экономическая оценка конструкций в сравнении с применяемыми в массовом строительстве.

Полученные результаты дают основания рекомендовать трехслойные ограждающие конструкции с утепляющим слоем из легкого бетона низкой средней плотности и наружными слоями из конструкционного бетона к применению в опытном строительстве.

Для оптимальных составов утепляющих бетонов изучены основные прочностные и деформативные свойства: сопротивление осевому сжатию и растяжению, начальный модуль упругости и усадка бетона. Установлено, что относительная величина призмной прочности и прочности на растяжение низкопрочных бетонов выше, чем для обычных бетонов. Вместе с тем они более деформативны, имеют низкий начальный модуль упругости и значительную усадку. В трехслойных элементах усадка бетона низкой средней плотности, находящегося между двумя слоями из конструкционно-

го бетона, ограничена и практически не отличается от усадки наружных слоев. Испытания изгибаемых и сжатых трехслойных элементов показали, что они работают полным сечением как монолитные, при этом разрушений по контакту слоев не происходит.

Лабораторией совместно с проектными организациями разработаны опытные конструкции для зданий различного назначения. Большую часть их проектировали как замену применяемых однослойных при условии сохранения опалубочных форм и принципов армирования. Для жилых зданий разработаны несущие стеновые панели, стыки стеновых панелей различной конструкции, чердачные перекрытия и перекрытия над подпольем; для общественных зданий — несущие и навесные стеновые панели; для сельскохозяйственных и промышленных зданий и плодовоовощехранилищ — стеновые панели ленточной резки.

Большинство конструкций запроектировано с утепляющим слоем из полистиролбетона класса по прочности на сжатие В0,75 при марке по средней плотности D400. Наружные слои панелей (несущий и ограждающий) приняты из тяжелого или легкого бетона класса по прочности на сжатие В12,5...В25 в зависимости от региональных условий, в том числе с заполнителем из шлаковой пемзы. Толщина наружного ограждающего слоя принята равной 4...5, наружного несущего — в зависимости от конструкции и действующей нагрузки 5...10 см. Армировали панели плоскими или пространственными сварными каркасами с рабочей арматурой класса А-III и конструктивной — из проволоки класса Вр-1.

Опытные конструкции изготавливали в основном на заводах железобетонных конструкций в металлических формах, предназначенных для выпуска однослойных конструкций. После сборки и смазки форм устанавливали пространственный арматурный каркас

и закладные изделия, затем последовательно с перерывом не более 30 мин укладывали с вибрированием тяжелый или легкий бетон первого наружного слоя, полистиролбетон и, наконец, бетон второго наружного слоя. Это обеспечивало монолитность сечения конструкции и надежную защиту утепляющего слоя от внешних воздействий. Бетон дозировали по объему, предварительно для контроля отмечая на бортах форм границы слоев. При термообработке панелей температуру ограничивали 85°C, с тем чтобы предотвратить оплавление полистирольных гранул.

Все запроектированные конструкции были испытаны до разрушения либо до нагрузок, близких к разрушающим. Кроме того, дополнительно на ряде конструкций была проверена прочность анкеровки петель для подъема панелей и закладных деталей в наружных слоях. Изгибаемые конструкции (перекрытия, панели ленточной резки и укрупненные стеновые панели сельскохозяйственных зданий) разрушались в средней части пролета. При этом напряжения в рабочей растянутой арматуре достигали предела текучести или превышали условный предел текучести для арматуры, не имеющей площадки текучести. Панель чердачного перекрытия, которую в соответствии с проектом испытывали при опирании по контуру, разрушилась по классической схеме с образованием продольных и диагональных шарниров. Ни в одной из испытанных конструкций вплоть до разрушения наклонные трещины в среднем слое (низкопрочный полистиролбетон) не образовывались, не было трещин по контакту слоев и взаимного их смещения.

Первые трещины в нормальных сечениях появлялись в середине пролета при нагрузках, близких к нормативным или превышающим их, и имели раскрытие существенно меньше допустимого СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции». Про-

гибы при нормативной нагрузке всех конструкций были значительно меньше ограниченных нормами.

Сжатые конструкции в виде панелей стен разрушались, как и ожидалось, в приопорных зонах, примыкающих к стыку. При испытании фрагментов стен с усиленными приопорными зонами (простенки) разрушались наружные несущие слои. Это происходило в средней части высоты при нагрузках, в среднем на 20% превышающих нагрузки при разрушении приопорных зон образцов-близнецов. Так же, как и в изгибаемых элементах, совместная работа наружных и внутреннего слоев как во фрагментах стен, так и в элементах плоских и платформенных стыков, не нарушалась вплоть до разрушения конструкции: по торцам не наблюдалось взаимного смещения слоев и образования трещин в местах их контакта.

Анализ разработанных трехслойных конструкций с утеплителем из полистиролбетона свидетельствует об их экономической эффективности. Так, например, стеновые панели ленточной резки для промышленных и общественных зданий на стадии изготовления на 23,7% дешевле трехслойных панелей с утеплителем из полистирольного пенопласта и гибкими связями. С учетом эксплуатационных расходов на отопление они дешевле однослойных панелей из керамзитобетона на 18,3%, а трехслойных с эффективным утеплителем на 6,8%. Трехслойные стеновые панели жилых зданий для Ленинградской области, по сравнению с применяемыми однослойными из керамзитобетона, на стадии изготовления дешевле на 17%, а с учетом эксплуатационных расходов — на 35%.

С использованием навесных трехслойных ребристых панелей стен с утеплителем из полистиролбетона было построено уникальное здание административно-бытового комбината в Джезказгане.

И.Ф. РУДЕНКО, д-р техн.наук, проф.; Д.Ф. ТОЛОРЯЯ, канд.техн.наук

Пути совершенствования заводской технологии сборного железобетона

Послевоенный этап народного хозяйства страны потребовал резкого увеличения объемов и темпов строительства, которое могло быть реализовано только в результате пересмотра технической политики в этой отрасли. По существу, была совершена научно-техническая революция, когда в сравнительно короткий период началось широкое применение сборного железобетона, обеспечившего быстрое возведение сравнительно недорогих и долговечных зданий и сооружений. Объем его применения в б. СССР может характеризоваться показателем производства на душу населения примерно $0,5 \text{ м}^3$ в год, что в 2...5 раз выше, чем в промышленно развитых странах.

Создано и действует около 6000 предприятий — заводов железобетонных конструкций и домостроительных комбинатов, в том числе в России около 4000. В этот период резко возросли объем и уровень научных исследований и разработок, немало способствующих повышению эффективности конструкций и заводской технологии их производства. Однако значительная часть их осталась невостребованной из-за отсутствия экономической заинтересованности предприятий в применении новых технических решений, особенно в известную эпоху застоя. Были и остаются большими резервы в области сокращения расхода цемента, снижения энергозатрат, металлоемкости форм, трудозатрат, производственных площадей и т.д.

Трудный процесс поиска новых управленческих и хозяйственно-экономических систем, переживаемый страной в настоящее время, также не создал пока условий для научно-технического освоения и прогресса в промышленности. Общий спад производства, неплатежи, существующая налоговая система, согласно которой прибыль предприятия растет с ростом себестоимости продукции, мешают вложениям в техническое перевооружение предприятий, выполнению поисковых исследований и созданию новой техники.

В переходный на рыночную экономику период в производстве

сборного железобетона в России, как и в целом в строительстве и в других отраслях промышленности, проявились существенные кризисные явления. Использование мощностей предприятий ($80...75 \text{ млн.м}^3$) ориентировочно снижено до 30...50%. Профилирующая продукция (как правило, крупноразмерные конструкции и изделия) становятся недостаточно конкурентоспособными на строительных рынках.

В сложившихся условиях целесообразно остановиться на тех перспективах совершенствования заводской технологии производства изделий, которые в наибольшей мере отвечают имеющейся социальной и хозяйственно-экономической обстановке. При этом приоритетные направления развития заводской технологии производства бетона и железобетона, ее технического перевооружения определяются следующими тенденциями:

изменением инфраструктуры строительства в сторону увеличения малоэтажного строительства; задачей улучшения экологической обстановки, принятой во всем мире как первоочередной; снижением затрат на единицу продукции, что связано как с повышением цен на энергоносители, так и с проблемами экологии при производстве электроэнергии.

В связи с развитием малоэтажного строительства требуется пересмотр прежде всего номенклатуры выпускаемой продукции. В частности, применение изготавливаемых в настоящее время крупнопанельных железобетонных стен, предназначенных для малоэтажного строительства, приводит к увеличению в 2...2,5 раза расхода металла на 1 м^2 жилой площади. Более эффективными становятся мелкие блоки из различных видов низкомарочного бетона, не требующие даже монтажной арматуры. Малый объем работ по монтажу крупнопанельных перекрытий малоэтажных зданий ставит под сомнение эффективность использования на стройплощадках кранов. В зарубежной практике, например, широко применяют конструкции перекрытий, собираемые из мел-

ких бетонных блоков в сочетании с легкими балочными железобетонными элементами. Отсутствие в блоках металла снимает ограничения в использовании в качестве заполнителей золошлаковых отходов ТЭЦ, что обычно обусловлено требованиями защиты арматуры от коррозии. Применение мелких блоков обеспечивает возможности получения различных архитектурно-планировочных решений зданий при сравнительно ограниченной их номенклатуре.

Увеличение объемов малоэтажного строительства потребует повышения доли выпуска мелких тротуарных плит, камней мощения и газонов, а также других элементов приусадебного благоустройства. Указанное обуславливает необходимость широкого применения разработанных, освоенных промышленностью в изготовлении и эксплуатируемых вибропрессов различных модификаций — от ручных до прессов-автоматов, передвижных (для стандов) и стационарных, а также технологических линий, включая автоматические.

Для заводов ЖБИ целесообразны, например, разработки, предусматривающие переоборудование в существующих линиях двух—четырёх постов (укладки арматуры и бетонной смеси, формования и отделки изделий) с установкой на них двух—четырёх вибропрессов. Последние должны быть ориентированы на производство различных изделий и другого оборудования, в том числе частично заимствованного из разработок технологических линий вибропрессования и предназначенного для задачи бетонной смеси, укладки и пакетирования свежесформованных изделий на существующие поддоны. При этом остальные технологические передельные и оборудование могут быть использованы либо в существующем виде, либо с небольшой модернизацией.

Применение такой технологии обеспечит сравнительно легкую и недорогую переналадку на выпуск новых типов блоков, например, с разнообразной рельефной отделкой их, для использования в домах с укладкой их с так называемым

«сухим» стыком. Эти конструкции блоков, разрабатываемые в НИИЖБе, обеспечивают быструю сборку элементов зданий, с высоким качеством заводской отделки и без применения кладочного раствора.

Накоплен опыт применения различных заполнителей в составах смесей тяжелого и легкого вибропрессованных бетонов, в том числе керамзита, полистирола, перлита, кирпичного боя, а также разнообразных отходов (зол, шлаков, побочных продуктов деревообработки и т.п.).

Для производства блоков сравнительно простой конфигурации, в том числе мелких изделий для благоустройства, еще более эффективным, чем вибропрессование, является роликовое формование. Его преимущества — в дополнительной экономии цемента, малощумности и надежности оборудования. В НИИЖБе для этого разработаны и успешно освоены в производстве высокопроизводительные установки роликового формования, выполнена документация установок нового поколения с существенно (в 3 раза) сниженными металлоемкостью и электропотреблением.

Использование мелких блоков, как показывает зарубежный опыт, может быть эффективным также в промышленном и в сельскохозяйственном строительстве. Колонны, ригели и другие конструкции можно выпускать составными, с последующим натяжением арматуры.

Вторым, актуальным в настоящее время направлением реконструкции и технического перевооружения предприятий, является использование результатов, полученных НИИЖБом, ВНИИЖелезобетоном, НИИЦементом и другими организациями в рамках государственной программы «Стройпрогресс-2000». Созданы новые композиции цементных вяжущих (ТМЦ и ВНВ), разработаны технические условия на них и технологические основы их производства.

Опыт свидетельствует о целесообразности приготовления этих вяжущих на предприятиях-потребителях. При сухом помоле себестоимость их снижается главным образом за счет сокращения транспортных расходов. Применение же мокрого помола, как показано работами ЦМИПКС, обеспечивает значительный эффект, так как при этом увеличивается производительность помольного оборудования в 3 раза, а энергозатраты на помол снижаются в 4 раза. Для реализации мокрого помола нужно значи-

тельно меньше капитальных вложений, так как не требуются сушка сырья (добавок), специальные силосы, оборудование для помола может быть встроено в существующие узлы приготовления бетона. Применение такой технологии обеспечено производственной базой изготовления оборудования.

Наличие помольных узлов на предприятиях-потребителях открывает возможности производства и применения не только упомянутых вяжущих, но и, например, ранее предложенного напрягающего цемента, весьма эффективного для герметизации стыков, производства изделий, работающих под давлением и т.п.

Разработанные в последнее время в НИИЖБе малоклинкерные бесцементные вяжущие (зологипсоцементные) также требуют помола и прежде всего мокрого, поскольку основной их составляющей являются пока мало используемые отходы зол гидроудаления. Это вяжущее может с успехом применяться в низкомарочном вибропрессованном бетоне для малоэтажного строительства.

Неотъемлемой частью технологии ячеистого бетона также является помол.

Изложенные направления, связанные с развитием малоэтажного строительства и являющиеся первоочередными, не снимают необходимости развития и совершенствования технологий производства изделий для крупнопанельного строительства, хорошо зарекомендовавшего себя в прошлые годы и весьма эффективного в условиях развития и обновления крупных промышленных центров, быстрого удовлетворения потребностей в жилье, а также в поселках и малых городах с применением плотной застройки.

Определяющими технологическими переделами в промышленности сборного железобетона являются процессы и оборудование для формования изделий и ускорения их твердения. Научно-технический прогресс в этих направлениях позволяет повысить уровень механизации и автоматизации, сократить расходы цемента, снизить энергозатраты, металлоемкость парка форм и обеспечить больший съем продукции с производственных площадей.

Ограниченное применение передовых приемов и режимов тепловой обработки, в том числе двухстадийного, автоматизированных систем контроля тепловлажностных режимов, горячих бетонных смесей, использование прогрессивных теплоносителей, в том числе

масляного прогрева и электропрогрева, применение вертикальных, напорных камер, использование вторичного тепла и т.д., по прогнозным оценкам, не позволило сэкономить в целом по отрасли до 30% энергозатрат на этот технологический передел, увеличить в 1,2—1,5 раза оборачиваемость форм. Был и остается низким, по сравнению с другими отраслями промышленности, уровень механизации производства (около 50% операций) и автоматизации (всего 7%).

В рамках одной статьи трудно даже перечислить те прогрессивные решения, которые были получены в области других технологических переделов. Среди них — операции отделки изделий, приготовления бетонной смеси, компоновки технологических линий и т.п., которые широко опубликованы в нормативной и рекомендательной литературе, в периодической печати и монографиях.

Несколько слов о проблеме качества продукции, что выступает основным фактором ее конкурентоспособности.

В настоящее время признанными ориентирами стали зарубежные технологии, оборудование и продукция мирового уровня качества. В отечественной практике, особенно в некоторых структурах малого бизнеса, частично допускается снижение степени заводской готовности изделий и ухудшение их качества по геометрической точности, долговечности и даже по показателям прочности. Основными причинами этого являются: в условиях все еще сохраняющегося дефицита и чрезмерного удорожания ряда исходных материалов и комплектующих изделий рыночный механизм повышения их качества все еще не налаживается; ослабление технологической дисциплины на производствах; чрезмерная и все больше увеличивающаяся на большинстве предприятий изношенность оборудования, особенно форм; отсутствие или затруднения в поддержании в рабочем состоянии технических средств входного, пооперационного и выходного контроля; целенаправленные инвестиции по повышению качества продукции на предприятиях в сложившихся условиях, как правило, не предусматриваются или в крайнем случае они носят остаточный характер.

Наиболее важным мероприятием в деле повышения качества является введение сертификата продукции. В настоящее время сертификация сборных бетонных и же-

лезобетонных конструкций и изделий не является обязательной и проводится выборочно аккредитованными испытательными центрами и лабораториями. Важнейшей задачей поэтому следует считать упорядочение и совершенствование действующей нормативно-технической базы, организация надлежащей сети региональных центров сертификации, оснащение их современной испытательной техникой, укомплектование квалифицированными кадрами. Введение обязательной сертификации в про-

изводстве сборного железобетона представляется назревшим вопросом. Уже в настоящее время необходимо разработать перечень наиболее ответственных конструкций и изделий, а также технологий их производства, намечаемых к обязательной сертификации в ближайшее время.

Выход промышленности сборного железобетона из кризисного состояния и дальнейшее ее развитие невозможны без надлежащего научно-технического обеспечения. Для его финансовой поддержки,

по нашему мнению, необходимо создать целевой фонд, формируемый отчислениями предприятий (в размере, например, 1...1,5% от себестоимости продукции). Средства из этого фонда могут централизованно направляться на отдельные предприятия для поддержания общих и наиболее важных проектов, реализация которых будет способствовать научно-техническому прогрессу в отрасли.

СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Б.А. КРЫЛОВ, д-р техн.наук, проф.

Состояние и проблемы монолитного строительства

Здания и сооружения из монолитного железобетона имеют определенные преимущества по сравнению со сборными конструкциями, что определяет рациональную область их применения. Монолитный вариант требует на 40—45% меньше затрат на создание производственной базы, на 7—20% снижается удельный расход металла. По сравнению с возведением кирпичных зданий, затраты труда при монолитном строительстве на 25—30% ниже и на 10% сокращается его продолжительность. Здания и сооружения из монолитного железобетона отличаются высокой сейсмостойкостью и долговечностью. Не случайно в последнее десятилетие этому методу ведения работ в стране уделяется все больше внимания.

Россия имеет богатый опыт строительства из монолитного железобетона, которое особенно широко практиковалось в довоенные годы. В послевоенный период, когда интенсивно велось восстановление разрушенных городов, промышленных предприятий, инженерных сооружений монолитный железобетон также широко применяли, и возведенные из него различные объекты при правильной эксплуатации успешно служат до сих пор.

Однако, несмотря на значительные достоинства, монолитное строительство имеет и свои слабые стороны, основными из которых являются значительные трудозатраты при производстве работ на строительной площадке, относительно длительные сроки возведе-

ния сооружений из-за продолжительного времени твердения бетона до достижения проектной прочности, осложнение производства работ в холодное время года. Это в известной мере послужило причиной отхода от монолитного строительства.

В пятидесятые годы начался процесс бурного развития сборного железобетона, что позволило в определенной степени решить проблему обеспечения населения жильем, быстро восстановить и вновь построить крупнейшие промышленные комплексы. Были созданы крупные домостроительные комбинаты, мощнейшие заводы по производству сборных железобетонных конструкций для промышленного, сельскохозяйственного, дорожно-мостового, транспортного и других видов строительства. В общем, была создана мощная производственная база, некоторые предприятия которой выпускали сотни тысяч кубометров сборных железобетонных изделий в год.

Следует отметить, что развитие сборного железобетона в нашей стране существенным образом повлияло и на зарубежную практику. Так, во Франции, в Германии и в других странах с учетом нашего опыта появились заводы сборного железобетона и домостроительные комбинаты, которые сыграли положительную роль в увеличении массового возведения недорогого и достаточно комфортабельного жилья. В промышленном строительстве за рубежом сборный железобетон также стал неотъемле-

мой конструктивной частью сооружаемых объектов.

И все же несмотря на это монолитные железобетонные конструкции в нашей стране продолжали применять, а их доля в общем объеме строительства из железобетона, доходившего до 200—250 млн.м³ в год, составляла 40—50%. В основном в монолите возводились фундаменты, плиты и гидроэлектростанции, трубы, ядра жесткости высотных зданий, градирни, атомные электростанции, дорожные и аэродромные покрытия и другие сооружения.

Чрезмерное увлечение сборным железобетоном сыграло определенную негативную роль как в развитии монолитного строительства, так, как это ни странно, и сборного. В монолитном строительстве мало внимания уделялось его индустриализации при производстве опалубочных, арматурных и собственно бетонных работ. Стоимость их оставалась высокой, поскольку на строительных площадках преобладал ручной труд (в общем комплексе бетонных работ доля ручного труда составляла 60%), оборачиваемость опалубки была низкой, качество возводимых конструкций оставляло желать лучшего. Это привело к тому, что трудозатраты на производство бетонных работ в нашей стране были в 2,5 раза выше, чем в передовых технически развитых странах.

Бетонную смесь транспортировали в основном самосвалами (и только 8% — автобетоновозами). Унифицированный сортамент ар-

матурных сеток находился на уровне 8—10% общего объема арматурных работ, трудоемкость из-за большой доли ручного труда составляла 10—12 чел.-дней на одну тонну смонтированной арматуры.

Не лучшее положение сложилось и на опалубочных работах. Опалубка в основном оставалась мелкощитовой и насчитывала более 40 видов; применявшаяся разборно-переставная крупнощитовая опалубка имела 15 разновидностей. Палуба деревянной опалубки выполнялась из досок, что ухудшало качество поверхности возводимых монолитных железобетонных конструкций. Плохо обстояло дело с разработкой и изготовлением ручного автоматического электрофицированного инструмента и приспособлений, что отрицательно сказалось на трудоемкости работ. Короче говоря, ввиду основного внимания к сборному железобетону монолитный был оставлен без должного внимания.

Такая однобокая политика негативно сказалась и на развитии сборного железобетона. И хотя он позволил в значительной степени решить жилищную проблему благодаря массовому полносборному строительству, обеспечить существенный прогресс в промышленном строительстве, увлечение им было столь чрезмерным, что его стали использовать всюду, в том числе и там, где он был явно не рационален.

Создавшееся положение и определенное противопоставление в нашей стране сборного железобетона монолитному привело в 80-е годы к более рациональному подходу к строительству из этого материала. Хотя и были попытки вместо сборного железобетона начать широко применять монолитный, все же возобладал более трезвый подход: оба вида строительства из железобетона имеют право на существование, а выбор наиболее разумного решения должен определяться, помимо технической целесообразности, тщательным технико-экономическим расчетом и обоснованием.

Недостаточное внимание к монолитному железобетону в течение долгого времени явилось причиной нашего отставания в этой области от зарубежной практики. Однако положение постепенно выправляется, и уже имеются определенные достижения. Так, на строительстве многих объектов бетонные работы выполняются на современном уровне с возведением монолитных конструкций высокого качества, не

уступающего лучшим зарубежным образцам. Например, на строительной площадке храма Христа Спасителя в Москве практически все монолитные конструкции возводятся в высоком темпе с использованием передовых методов опалубочных, арматурных и бетонных работ. Это гарантирует высокое качество конструкций, что является непременным условием для такого уникального сооружения, предназначенного для служения на многие столетия.

Есть, однако, одна область строительства из монолитного железобетона, в которой отечественная наука и техника всегда находились на передовых рубежах — это производство бетонных работ в зимнее время. Достижения нашей страны в этой области общепризнанны, и целый ряд решений, разработанных у нас, стали применять и за рубежом (предварительный электроразогрев бетона, бетоны с противоморозными добавками, прогрев нагревателями инфракрасного излучения и др.).

Для нашей страны проблема зимнего строительства весьма актуальна, ибо холодное время года длится от 5—6 мес в средней полосе России до 10 мес в северных районах. Поскольку 47% территории страны покрыто вечной мерзлотой, то обеспечение твердения бетона при возведении подземных конструкций осуществляется по зимнему варианту. Следует также иметь в виду, что предстоит интенсивное освоение северных районов, богатых нефтью, газом и другими ценными полезными ископаемыми. А для их добычи необходимо обустройство этих районов — строительство жилья, соцкультбыта, перекачивающих станций, перерабатывающих предприятий, механических и ремонтных мастерских и т.д. Поскольку в северных районах очень много болот, то дороги целесообразно строить зимой.

В настоящее время разработан ряд методов интенсификации твердения бетона в зимних условиях, которые дают возможность возводить здания и инженерные сооружения высокого качества и долговечности в любых температурных условиях. Однако универсальных методов не существует, и каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Поэтому надо хорошо знать возможности каждого метода, чтобы грамотно применять его в производственных условиях для возведения конкретных бетонных и железобетонных конструкций.

В нынешней практике наиболее широко применяется метод термоса. При низких температурах наружного воздуха термосное выдерживание бетона приходится комбинировать с утепленной опалубкой. В отдельных случаях этого оказывается недостаточным и приходится прибегать к периферийному обогреву, обеспечивающему поддержание температуры в наружных слоях массива конструкции примерно на уровне 20°C. После достижения в ядре конструкции максимального значения температуры за счет экзотермии можно ее повышать и в периферийных слоях. Метод термоса требует наименьших дополнительных затрат и ему следует всегда отдавать предпочтение, особенно при возведении конструкций в весенний и осенний периоды года.

Твердеющие на морозе бетоны, затворенные водными растворами солей, достаточно хорошо себя рекомендовали и нашли достойное место при производстве бетонных работ в зимнее время. Особенно хорошие результаты достигаются при введении в бетон помимо противоморозных добавок еще и пластифицирующих, особенно суперпластификатора. В этом случае представляется возможным вдвое сократить расход противоморозной добавки при достижении того же эффекта по темпам твердения. В отдельных случаях при низких отрицательных температурах среды бетоны с небольшим количеством противоморозной добавки интенсивно твердеют в комбинации с обогревом при температурах до 30—50°C.

Наиболее высокие темпы твердения бетона при любых низких температурах воздуха достигаются при применении методов электротермообработки, объединяющих электропрогрев, электрообогрев, предварительный электроразогрев, индукционный прогрев и их некоторые комбинации. Методы электротермообработки имеют различные модификации, и выбор наиболее рациональной из них зависит прежде всего от вида конструкции, ее размеров, характера армирования, температуры среды и других факторов. Правильный выбор гарантирован только при хорошем знании возможностей каждого метода, ибо затраты электроэнергии на термообработку одного кубометра бетона колеблются в широких пределах — от 40 до 150 кВтч.

Электротермообработка широко практикуется и за рубежом. Различные ее разновидности приме-

няют в Финляндии, Японии, Франции и в других странах, хотя стоимость электроэнергии там очень высокая. За счет интенсификации твердения бетона и ускорения темпов строительства применение этих методов экономически полностью себя оправдывает.

В практике строительства при производстве бетонных работ иногда используют тепляки. В довоенный период этот метод был одним из основных. В 50—60-е годы его применяли редко из-за высокой стоимости, однако в 80-е годы благодаря появлению новых легких теплоизоляционных и пленочных материалов о тепляках вновь вспомнили. Из них стало возможным быстро устанавливать легкие покрытия, надежно защищающие возводимые конструкции от прямого воздействия окружающей среды (температуры, ветра, осадков). В современном строительстве тепляки применяют при сооружении железобетонных конструкций большой высоты и обычно небольшой площади — трубы, ядра жесткости и другие, в основном для создания комфортных условий для работающих.

Поскольку в тепляках температуру выше 20°C поддерживать нецелесообразно, то для ускорения твердения в них используется дополнительный прогрев бетона. Легкие сборные тепляки применяют в Финляндии, Канаде и в других странах при устройстве фундаментов и строительстве подобных видов конструкций.

При возведении зданий и сооружений из монолитного железобетона возникают определенные трудности не только в холодное время года, но и в сухие жаркие летние месяцы. Из-за быстрого испарения влаги, пластической усадки и пересушивания поверхностного слоя бетона резко снижаются качество и долговечность конструкций. Применение термообработки, особенно предварительного электроразогрева, пленкообразующих составов позволяют полностью эту проблему решить и негативное влияние низкой влажности среды исключить.

Большим достижением отечественной строительной науки следует признать разработку использования энергии Солнца для термообработки бетона. Гелиотермообработка в основном применяется для производства сборных железобетонных изделий на полигонах, но уже стало возможным использование ее и при возведении монолитных конструкций с большой неопалубленной поверхностью (дороги, аэродромы и т.п.). Этот способ на протяжении нескольких месяцев вообще не требует никаких энергозатрат, является экологически чистым, самым экономичным и обеспечивает получение конструкций высокого качества, надежности и долговечности.

Методы строительства из монолитного железобетона создавались и продолжают разрабатываться в различных научно-исследовательских организациях. Их освещению,

пропаганде и претворению в практику строительства во многом способствовал журнал «Бетон и железобетон». На его страницах по монолитному строительству выступали многие выдающиеся ученые и специалисты, чьими трудами мы и обязаны развитию этого метода.

Сейчас строительство переживает далеко не лучшее время: много трудностей с литературой, которой выпускается явно недостаточно; плохо обстоят дела с исследованиями, которые на 80—90% в большинстве организаций остановились; практически прекратилось оснащение новым оборудованием и аппаратурой исследовательских организаций; молодежь в науку не идет и научные кадры подготавливаются в мизерном количестве. Бетон же останется основным строительным материалом еще не одно столетие, и возводить из него надежные и долговечные современные здания и сооружения невозможно без развития и прогресса строительной науки.

Хочется надеяться, что усилиями еще сохранившихся кадров ученых, Министерства строительства, Академии архитектуры и строительных наук, Государственного Федерального научного центра «Строительство», наконец, нашего рупора — журнала «Бетон и железобетон», может быть, на первых порах медленно, но постепенно строительная наука начнет свое возрождение.

ВОПРОСЫ РЕКОНСТРУКЦИИ

В.А. КЛЕВЦОВ, д-р техн.наук, проф.

Методы обследования и усиления железобетонных конструкций

За последние десятилетие практически для всех стран мира характерно увеличение объемов работ, связанных с реконструкцией, необходимостью восстановления и поддержания эксплуатационной пригодности железобетонных конструкций зданий и сооружений.

Сложность и специфичность этих работ определяется тем, что помимо всех компонентов, свойственных новому строительству, они требуют проведения ряда дополнительных мероприятий. Среди них

можно назвать обследование существующих конструкций, оценка их несущей способности с учетом наличия дефектов и повреждений, оценка возможности их использования с усилением или без него, проектирование и осуществление усиления и т.п. Перечисленные дополнительные работы, выполняемые при реконструкции, свойственны также восстановлению конструкций, пострадавших вследствие пожаров, землетрясений и других неэксплуатационных воздействий.

Задача обследования конструкций состоит в определении тех качественных показателей, от которых в наибольшей мере зависит их эксплуатационная пригодность. Для несущих железобетонных конструкций таким показателем является прочность.

Методы определения прочности эксплуатируемых конструкций условно можно разбить на две группы: интегральные и дискретные. Первые предполагают возможность непосредственного определения

показателей, характеризующих несущую способность. При использовании дискретных методов определяют единичные показатели качества (прочность бетона и арматуры, площадь сечения бетона и арматуры и др.), а затем расчетом — несущую способность.

Лет 10—15 назад в нашей стране и за рубежом в области обоих методов проведен большой объем исследований. В рамках дискретного метода использовались ультразвуковые методы определения прочности бетона и дефектоскопии, механические методы определения прочности бетона, радиометрический метод определения армирования и дефектоскопии, магнитный метод определения армирования. В рамках интегрального метода исследовался в основном вибрационный метод, а также метод пробных нагружений. В результате установлено, что так называемые интегральные методы не являются методами определения несущей способности. Хотя при проведении обследований и вибрационный метод, и метод пробных нагружений могут быть очень полезны для определения жесткости или способствовать уточнению расчетных схем.

В последние годы продолжались поиски новых методов, позволяющих дать общую оценку состояния конструкций [1]. Однако основным при проведении обследований является дискретный метод. Состояние разработки отдельных его компонентов может характеризоваться следующим.

Определение прочности бетона и арматуры при обследовании железобетонных конструкций может базироваться на неразрушающих методах или на испытании извлеченных из конструкций образцов. Неразрушающие методы определения прочности арматуры находятся в стадии разработки, поэтому используется испытание отобранных от конструкции образцов. Неразрушающие методы определения прочности бетона стандартизированы [2, 3]. Однако с учетом потребностей, имевшихся в период разработки стандартов, они были ориентированы в основном на контроль, осуществляемый при изготовлении конструкций. Правда, главные аспекты применения неразрушающих методов при обследовании нашли в них отражение. Отметим основное требование: все используемые градуировочные зависимости должны «привязываться» к конкретным испытываемым бетонам с помощью методов местного разрушения или испытанием отобранных образцов. Такой же

метод используется за рубежом. При этом, с учетом наличия малогабаритных установок для высверливания кернов, в зарубежных странах «привязка» производится испытанием отобранных образцов. В нашей стране для этой цели широко используется метод отрыва со скалыванием. Основным поставщиком соответствующих приборов является опытный завод Донецкого ПромстройНИИПроекта. Небольшие партии приборов изготавливались самарским Оргтехстроем. Вообще с обеспечением приборами неразрушающего контроля в России дело обстоит очень плохо — выпускаются только мелкие партии приборов не всегда требуемого качества.

Для определения армирования также используются неразрушающие методы (магнитный и радиометрический), на которые разработаны государственные стандарты [4, 5].

Остановимся на некоторых проблемах определения несущих свойств железобетонных конструкций при наличии информации о качественных показателях, определенных при обследовании.

В связи с тем, что при поверочных расчетах известны конкретные характеристики рассчитываемых конструкций, могут быть использованы иные, чем при новом проектировании, подходы к назначению прочностных характеристик материалов, иные подходы к использованию при расчете вероятностных методов. Кроме того, при поверочных расчетах иногда приходится оценивать несущую способность конструкций, имеющих дефекты и повреждения, наличие которых не учитывается формулами норм проектирования. Таким образом, речь идет о создании методов учета дефектов и повреждений при расчете железобетонных конструкций. Исследования в этом направлении пока немногочисленны — это работы НИИЖБа и СамАСИ, а также Харьковского ПромстройНИИПроекта. С поверочными расчетами связан выбор расчетных схем, который в сравнении с новым проектированием имеет существенную специфику [6].

Выше рассмотрены проблемы технической диагностики, связанные непосредственно с проведением обследований. Однако техническая диагностика должна опираться также на научный анализ причин повреждений и аварий по всей цепи создания и эксплуатации конструкций, начиная с проектирования. В зарубежных странах этим вопросам уделяется много

внимания, в том числе влиянию человеческого фактора. У нас пока нет научной базы анализа причин повреждений и аварий железобетонных конструкций.

Обследованием конструкций занимается масса организаций, причем диапазон квалификационного уровня исполнителей чрезвычайно велик. В этих условиях важно иметь нормативные документы, регламентирующие вопросы обследований. Как отмечено выше, несмотря на некоторые недостатки можно считать, что создана нормативная база по определению единичных показателей качества при обследовании. Что же касается интерпретации результатов обследований, общей оценки состояния конструкций при обследовании, то состояние нормативной базы следует считать неудовлетворительным. Нормативная база ограничивается 6-м разделом СНиП 2.03.01-84* (железобетонные конструкции). Кроме того, в прошлом году НИИЖБом при участии Харьковского ПромстройНИИПроекта разработан ГОСТ, посвященный общим правилам обследований железобетонных конструкций, который передан в Минстрой РФ. Недостаток разработки нормативной базы в какой-то мере компенсируется наличием ведомственных нормативных и рекомендательных документов. Однако одним из направлений, заслуживающим поддержки, является нормирование вопросов, связанных с обследованием строительных конструкций.

Рассмотрим состояние дел в области усиления железобетонных конструкций.

Традиции проектирования и исследований строительных конструкций сложились таким образом, что до недавнего времени целенаправленных исследований в области усиления не велось. Все основные приемы усиления рождались практикой проектирования. При этом усилением занимались, как правило, наиболее квалифицированные специалисты, что обеспечивало появление чрезвычайно интересных инженерных решений проектирования реконструкции. В то же время отсутствие целенаправленных исследований и соответственно нормативной базы в этой области затрудняет проектирование усиления и приводит к существенному перерасходу материалов, а в ряде случаев — к появлению малонадежных решений.

За последние 5—10 лет положение изменилось. Начались целенаправленные исследования усиления,

что позволило включить в нормы проектирования железобетонных конструкций разделы, посвященные их проектированию и развитию содержащиеся там положения в рекомендациях [7]. Эти документы подводят определенный итог современному уровню разработки методов проектирования усиления железобетонных конструкций.

Можно принять следующую классификацию способов усиления: путем повышения прочности материала усиливаемого элемента, путем увеличения площади сечения усиливаемого элемента или замены части усиливаемой конструкции, путем изменения статической схемы конструкции или здания. Возможны комбинации перечисленных способов усиления, особенно второго и третьего.

Усиление путем повышения прочности бетона усиливаемой конструкции может достигаться пропиткой бетона или швов сборных элементов полимерными композициями. Этот способ исследован и применялся на практике, однако его дальнейшее развитие зависит от совершенствования композитов и технологии пропитки.

Наиболее распространенный способ усиления — путем увеличения площади сечения усиливаемой конструкции за счет обойм, наращивания, установки дополнительной арматуры. Основными вопросами, возникающими при использовании этого метода, является обеспечение совместной работы элемента усиления с усиливаемыми конструкциями и степень включения в работу (степень использования несущей способности) элемента усиления. Обоим этим вопросам уделялось внимание в ранее проводившихся исследованиях.

Достаточно многочисленны и у нас, и за рубежом исследования, связанные с использованием разного рода клеев для обеспечения совместной работы усиливаемой конструкции и элемента усиления. Среди них следует отметить обширные исследования, проведенные в ХИСИ, направленные на создание способа усиления с помощью обойм, создаваемых с использованием стеклопластика и эпоксидных композиций, что особенно эффективно при агрессивной среде.

Исследования по использованию разного рода клеящих композитов, видимо, следует продолжать по мере появления новых видов материалов.

Важный вопрос — включение в работу элементов усиления. Для обеспечения этого ранее существовало требование о разгрузке конструкции при усилении. Учитывая, что это вызывает существенные затруднения, были проведены соответствующие исследования (НИИЖБ, ВЗИСИ, ЛИСИ, НИИСП, НИИСК и др.). Особенность и сложность задачи заключается в том, что здесь речь идет о перераспределении усилий (при усилении сжатой зоны бетона) между «старым» и «молодым» бетонами, при этом «старый» бетон загружен и может иметь повреждения. Эти исследования необходимо продолжить. Представляется, что более общее решение этой проблемы может быть получено при использовании диаграммных методов расчета.

Среди вопросов, связанных с включением в работу элементов усиления, существует вопрос об особенностях работы растянутых элементов или растянутых зон, усиленных внешним армированием. При этом последнее может и не иметь сцепления с бетоном. Многочисленные исследования показали, что работа железобетонных конструкций, в которых растянутая арматура не имеет сцепления с бетоном, обладает существенными особенностями. Однако они могут не проявляться в усиленных конструкциях, так как в них значительная часть арматуры имеет сцепление с бетоном. Кроме того, арматура усиления появляется тогда, когда стабилизировался процесс трещинообразования. Все это может вносить существенные особенности в работу конструкций и совершенно не изучено.

Изменение статической схемы конструкций, зданий и сооружений — достаточно распространенный метод их усиления, характеризуемый значительным разнообразием. Можно назвать простейшие способы — устройство дополнительных опор; широко распространенные — с помощью дополнительных систем (например, шпренгелей); способы, заключающиеся в увеличении статической неопределенности (например, создание неразрезности изгибаемых элементов); способы более резкого изменения статической схемы (например, переход от рамной системы к рамно-связевой).

Исследования в этом направлении немногочисленны и посвящены в основном конкретным приемам усиления. Так например, исследования усиления ферм проведены во Львовском ПИ, усиление плитных

конструкций путем создания их неразрезности изучалось НИИЖБом. Интересные комплексные исследования способа усиления стальных и железобетонных каркасов одноэтажных производственных зданий путем превращения системы каркасов в связевые путем введения элементов жесткости выполнены в НИИЖБе, УкрНИИПСКе и БПИ.

Исследования частных конструктивных решений необходимы. Однако рассматривая эту группу усиления (за счет изменения расчетной схемы), можно выделить общий вопрос — о перераспределении усилий между элементами усиления и усиливаемой конструкцией. В ряде ранее выполненных работ этот вопрос рассматривался. Однако следует провести более общие исследования с учетом влияния возраста усиливаемой конструкции, ее напряженного состояния, степени повреждения, условий эксплуатации.

Помимо упомянутых выше вопросов, связанных с теми или иными способами усиления, существует один общий, принципиальный вопрос. Так же, как и при проведении поверочных расчетов, при проектировании усиления мы имеем дело не с отвлеченной конструкцией, как при новом проектировании, а с конкретной, о которой имеется достаточно полная информация на основе материалов обследований. Это позволяет не так, как при новом проектировании, подходить к назначению прочностных характеристик материалов и расчетных схем. Этот вопрос совершенно не проработан.

Проектирование усиления обычно ведется проектными организациями — авторами здания или специализированной организацией, проводящей обследование. Однако при этом существует один вопрос, специфичный для отечественной практики. Новое строительство ведется в значительной мере на базе типовых конструкций, которые разрабатываются ведущими проектными организациями, проходят всестороннюю экспериментальную проверку. Проектирование же усиления часто ведется организациями, не имеющими достаточно сведений о типовых конструкциях. Поэтому нередки случаи применения не рациональных конструктивных решений усиления, ведущих к существенному перерасходу материалов.

Одним из путей преодоления этого недостатка должно стать более широкое привлечение к проектированию усиления ведущих проектных и научно-исследовательских инсти-

тугов. В последние годы существования СССР такая работа была начата. Так например, Харьковским ПСНИИПом, ЦНИИПромзданий и НИИЖБом составлен альбом технических решений по усилению конструкций производственных зданий.

Важнейшими направлениями исследований в области обследования и усиления железобетонных строительных конструкций должны стать:

1. Совершенствование неразрушающих методов определения единичных показателей качества при обследовании конструкций.

2. Приборное обеспечение работ по обследованию конструкций.

3. Изучение влияния дефектов и повреждений на эксплуатационную пригодность конструкций.

4. Разработка научных основ систематизации и анализа причин повреждений и аварий конструкций, в том числе с учетом человеческого фактора.

5. Установление правил назначения расчетных схем и характеристик материалов при поверочных расчетах и проектировании усиления.

6. Разработка общих принципов расчета усиления с учетом возраста усиливаемой конструкции, уровня ее напряженного состояния, наличия повреждений и других сведений о состоянии конструкций.

7. Создание рациональных методов усиления наиболее распространенных типовых конструкций, их экспериментальная проверка, подготовка рабочих чертежей.

8. Совершенствование методов усиления конструкций с использованием новых полимерных композиций и других прогрессивных строительных материалов и технологий.

9. Дальнейшее улучшение методов усиления конструкций путем изменения их статической схемы.

10. Совершенствование нормативной базы обследований, проведения поверочных расчетов и проектирования усиления.

Библиографический список

1. Ф о м и ц а Л.Н. Основы экспериментального определения напряжений в бетоне для оценки состояния элементов железобетонных конструкций. Автореферат на соиска-

ние ученой степени доктора технических наук. — НИИЖБ, 1989.

2. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.

3. ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.

4. ГОСТ 22904-78. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя и расположения арматуры.

5. ГОСТ 17625-83. Конструкции и изделия железобетонные. Радиационный метод определения толщины защитного слоя бетона, размеров и расположения арматуры.

6. К л е в ц о в В.А. Основные направления совершенствования методов оценки состояния несущих железобетонных конструкций при реконструкции // Промышленное строительство. — № 8. — 1984.

7. Рекомендации по проектированию усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений реконструируемых предприятий. Харьковский ПромстройНИИпроект, НИИЖБ, М., 1992.

ТЕОРИЯ

А.С. ЗАЛЕСОВ, д-р техн.наук, проф.

Этапы и перспективы развития теории железобетона

Теория железобетона зарождалась на основе классической теории строительной механики упругих тел. При этом рассматривалось сечение, состоящее из сжатой зоны бетона и растянутой арматуры, а расчетная модель включала уравнения равновесия внешних сил и внутренних усилий, выраженных через напряжения в сжатом бетоне и растянутой арматуре, схему деформирования сечения в виде гипотезы плоских сечений и линейную связь между напряжениями и деформациями, выражаемую через модели упругости бетона и арматуры. Условие прочности определялось сравнением получаемых напряжений в бетоне и арматуре с допускаемыми значениями.

Такой подход использовался в зарубежной нормативной практике до самого последнего времени.

В конце 30-х годов была выдвинута новая концепция расчета прочности железобетонных конст-

рукций исходя из пластического состояния бетона и арматуры в момент разрушения. Расчетная модель включала уравнения равновесия внешних сил и внутренних усилий, выражаемых через предельные напряжения в бетоне и арматуре (предел прочности бетона и предел текучести арматуры). При этом, однако, потребовалось введение дополнительных эмпирических ограничений для случаев, когда сжатая зона бетона разрушается ранее достижения в арматуре предела текучести.

Условие прочности определялось сравнением действующих усилий с предельными допустимыми значениями. Такой подход в принципе используется в отечественной нормативной практике до настоящего времени.

Следует отметить, что развитие конструктивных форм железобетона, применение разнообразных материалов, высокопрочных бетонов

и арматурных сталей, не обладающих ярко выраженными пластическими свойствами, потребовали включения дополнительных эмпирических коэффициентов и зависимостей для того, чтобы приблизить результаты расчета к фактической работе железобетонных конструкций.

Для оценки трещиностойкости и деформативности железобетонных конструкций была разработана расчетная модель, включающая линейную схему деформирования сечения и параметры, учитывающие неупругие свойства бетона и неравномерное распределение деформаций в бетоне и арматуре по длине элемента между трещинами. Впоследствии физическая модель была заменена в нормативных документах полуэмпирическими выражениями.

Факторы надежности вначале вводились с помощью коэффициентов запаса в допускаемые значе-

ния напряжений и предельных усилий. В дальнейшем была разработана более полная система расчета по предельным состояниям, разделяемым на две группы, по несущей способности и по эксплуатационной пригодности. В настоящее время надежность конструкции устанавливается полувероятностным методом, принимая нормативные сопротивления бетона и арматуры с учетом изменчивости свойств материалов с обеспеченностью не менее 0,95 и расчетные сопротивления бетона и арматуры с учетом фиксированных коэффициентов надежности, величина которых принимается в зависимости от опасности достижения соответствующего предельного состояния.

Дальнейшее развитие теории железобетона связано прежде всего с комплексным учетом реальных упругих и неупругих свойств бетона и арматуры. Такой учет реальных свойств материалов обеспечивается применением диаграмм состояния (деформирования) бетона и арматуры, связывающих напряжения и деформации во всем диапазоне деформирования материала вплоть до предельных значений деформаций, характеризующих его разрушение.

В общем случае диаграммы состояния бетона имеют криволинейный характер, с восходящей и нисходящей ветвями. Для практических расчетов могут быть использованы более простые диаграммы, трехлинейные, с первым наклонным участком, характеризующим условную упругую работу бетона, вторым наклонным участком, характеризующим неупругую работу бетона, и третьим горизонтальным участком, характеризующим условную пластическую работу бетона, либо двухлинейные, с наклонным участком, характеризующим условную упругую работу бетона, и горизонтальным участком, характеризующим условную пластическую работу бетона.

Для арматуры с выраженной площадкой текучести для практических расчетов обычно используются двухлинейные диаграммы с наклонным упругим участком и горизонтальным пластическим участком, а для арматуры, не имеющей площадки текучести, — трехлинейные диаграммы с тремя наклонными участками.

Учет различных видов и классов бетона и арматуры, а также условий работы конструкции (вида нагрузки и воздействия окружающей среды, характер напряженного состояния) и группы предельного со-

стояния (по несущей способности и эксплуатационной пригодности) производится путем соответствующего трансформирования диаграммы, т.е. изменения параметров (напряжений и деформаций) ее узловых точек.

При использовании диаграмм состояния материалов, связывающих напряжения и деформации, расчетная модель должна включать как уравнения равновесия усилий, выражаемых через напряжения в бетоне и арматуре, так и деформационные зависимости, определяющие распределение деформаций по сечению. В результате устанавливается замкнутая система определения деформаций, напряжений и усилий в сечении во всем диапазоне работы железобетонного элемента. Деформационные зависимости могут быть получены исходя из линейного распределения деформаций по сечению (гипотеза плоских сечений). Несмотря на ее условный характер, она дает достаточно хорошие приближенные результаты расчета с опытом. Критерием прочности является достижение предельных деформаций в бетоне или арматуре.

Расчетная модель в настоящее время предусматривается для включения в зарубежные и отечественные нормативные документы. Она представляет собой универсальный способ расчета любых типов железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию изгибающих моментов и продольных сил. На основе этой модели могут быть получены полные диаграммы состояния элемента железобетонной конструкции, связывающие усилия (моменты и продольные силы) с перемещениями (кривизной, удлинением и укорочением), с помощью которых могут рассчитываться статически неопределимые конструкции вплоть до предельного состояния системы.

Расчетная модель может быть представлена в виде системы алгебраических уравнений или в матричной форме.

Можно видеть, что новая расчетная модель как бы объединяет классическую «упругую» теорию железобетона, которая была принята ранее в зарубежных нормах и которая работает на упругом участке диаграмм состояния бетона и арматуры, и «пластическую» теорию железобетона, которая была принята в отечественных нормах и которая работает на пластическом участке диаграмм состояния бетона и арматуры. Путем установления граничных значений предельных

деформаций в диаграммах состояния бетона и арматуры мы можем в зависимости от требований, предъявляемых к конструкции, изменять величину пластических деформаций конструкции, сужая эту область вплоть до упругой работы конструкции или расширяя ее вплоть до разрушения.

Одной из наиболее сложных проблем теории железобетона является расчет элементов железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию поперечных сил и крутящих моментов (совместно с другими силовыми факторами). В настоящее время существует два основных направления по развитию расчетных моделей для среза и кручения. Первое направление включает в себя расчетные модели наклонных и пространственных сечений, второе направление связано с разработкой каркасно-стержневых моделей.

Расчетные модели наклонных и пространственных сечений в общем виде должны содержать полную систему уравнений равновесия (изгибающих и крутящих моментов, продольных и поперечных сил) и полную систему усилий, действующих в сечении (продольные и поперечные усилия в сжатой зоне бетона, продольные и поперечные усилия в арматуре, пересекающей наклонную или пространственную трещину, силы зацепления, действующие по берегам трещин). Критерием предельного состояния элемента в этих случаях являются критерии прочности бетона в условиях плоского напряженного состояния и критерии прочности арматуры, воспринимающей растягивающие и сдвигающие усилия. Для решения такой задачи необходимо также привлечение условий деформирования сечений в виде их поворота и сдвига и соответствующих деформационных параметров, связывающих усилия в бетоне и арматуре с их перемещениями, с участием диаграмм деформирования бетона в условиях плоского напряженного состояния и диаграмм деформирования арматуры.

Реализация расчетных моделей наклонных и пространственных сечений в общем виде представляет значительные трудности, хотя уже имеются отдельные проработки в этом направлении. Поэтому в настоящее время для практических расчетов в нормативных документах используются упрощенные методы, включающие эмпирические зависимости.

При использовании каркасно-стержневой модели железобетонная конструкция представляется в виде системы отдельных стержневых элементов, продольных и наклонных, образуемых сжатым бетоном и растянутой продольной и поперечной арматурой. Такая расчетная модель обладает рядом положительных качеств в силу ее простоты и наглядности. Особенно целесообразно ее применение в коротких железобетонных конструкциях, у которых пролет или вылет соизмерим с высотой сечения, и в которых построение расчетных моделей сечений представляет дополнительные трудности. Каркаснo-стержневая модель может быть

использована не только для оценки прочности, но и трещиностойкости и деформативности конструкции, рассматривая напряжения и деформации в каждом равномерно напряженном и центрально-нагруженном стержневом элементе системы с помощью диаграмм состояния бетона и арматуры.

Для плоских, пространственных и объемных конструкций, подвергающихся силовым воздействиям в двух или трех взаимно перпендикулярных направлениях, в общем случае рассматриваются отдельные, выделенные из конструкции плоские, пространственные или объемные элементы единичного размера с усилиями, действующими

по боковым граням элемента. Расчет элементов производится по сечениям, расположенным под углом по отношению к направлению действующих усилий, а действующие усилия определяются из расчета конструкции методом конечных элементов с учетом только упругих или упругих и неупругих деформаций в бетоне и арматуре.

За последние годы выполнены отдельные разработки расчетных моделей железобетонных конструкций с привлечением положений механики разрушения (теории трещин). Однако эти разработки еще находятся в начальной стадии и их практическое применение — дело будущего.

В.М. БОНДАРЕНКО, академик РААСН

Вопросы управления гистерезисными энергопотерями строительных конструкций

Конструкция, испытывающая силовое нагружение, деформируется. Деформирование происходит как мгновенно, так и с запаздыванием во времени. Мгновенные деформации следят за изменением нагрузки и фиксируются одновременно с фиксацией нагрузки, запаздывающие деформации следуют за нагрузкой — после фиксации нагрузки деформирование продолжается и, если нагрузка менее некоторого предела, постепенно затухая, стабилизируется. Запаздывающее деформирование зависит от режима нагружения; в частности, при стационарном вибрационном нагружении запаздывающие деформации более соответствующих статических деформаций.

И мгновенная, и запаздывающие деформации нелинейны. Си-

ловые деформации условно расчлениают на две части: линейную и нелинейную. При стесненном деформировании (мгновенном и запаздывающем) проявляется так называемая нисходящая ветвь диаграммы материала; очертание нисходящей ветви связано с режимом и длительностью действия нагрузки и условий стеснения [1].

Деформирование сопровождается расходом энергии. Если величина напряжений на элементарных площадках сечений элементов конструкций выше предела длительной прочности (при статическом нагружении) или предела выносливости (при динамическом вибрационном нагружении), то со временем энергетический предел сопротивления материала исчерпывается и материал разрушается [1].

Таблица 1

Деформации	Параметры	Значения для классов бетона В						
		12,5	15	20	30	40	50	60
Мгновенные	v_k	3,1	2,6	2,0	1,3	1,0	0,8	0,7
	m_k	5,1	5,0	4,7	4,3	3,8	3,4	3,0
Запаздывающие	v_c	3,12	3,11	2,35	1,60	1,22	1,22	1,22
	m_c			4,0				
	$R(28)$, МПа	8,0	11,0	15,0	22,0	29,0	36,0	43,0
	$E_M^0(28) 10^{-3}$, МПа	22,0	25,5	29,0	33,5	36,5	38,5	39,0
	$C^*(28) 10^6$, МПа ⁻¹	152	128	102	74	59	50	45
$\varphi = E_M^0 C^*$		3,34	3,16	2,96	2,48	2,17	1,93	1,75

Разрушение сечения конструкции (или потеря устойчивости ее элемента [2]) для статически определимых систем означает обрушение, для статически неопределимых конструкций — снижение степени статической неопределенности; при дальнейшем увеличении нагрузки степень статической неопределенности последовательно снижается, а затем происходит обрушение. Описанный процесс накопления повреждений и исчерпания резервов несущей способности конструкций соответствует теории сопротивления строительных конструкций режимным нагружениям [3].

Снятие (или уменьшение) нагрузки с неразрушившейся конструкции сопровождается мгновенным и запаздывающим восстановлением деформации и восстановлением затраченной энергии.

Мгновенное восстановление деформаций обеспечивается упругими, как правило, линейными, свойствами сопротивления материалов; запаздывающее — упругим последствием. Оба вида деформаций восстанавливаются не полностью — проявляется необратимость деформации.

Значительная часть затраченной на первоначальное деформирование энергии не восстанавливается, рассеивается. В этом суть явления диссипирования энергии при деформировании твердых тел. Причем на теплообразование уходит до 80% диссипированной энергии [4]. Количество диссипированной в единице объема твердого тела

энергии за один полный цикл нагружения—разгружения определяется площадью петли гистерезиса диаграммы материала [1, 2].

$$\Delta W = \int_{\epsilon_{\min}}^{\epsilon_{\max}} \bar{\sigma} d\epsilon - \int_{\epsilon_{\min}}^{\epsilon_{\max}} \bar{\sigma} d\epsilon = \int_{\sigma_{\min}}^{\sigma_{\max}} \bar{\epsilon} d\sigma - \int_{\sigma_{\min}}^{\sigma_{\max}} \bar{\epsilon} d\sigma, \quad (1)$$

причем

$$\epsilon = \epsilon_M + \epsilon_C; \quad \epsilon_M = \frac{\alpha(t) S_M^0}{E_M^0(t)}$$

$$\epsilon_C = - \int_{t_0}^t \sigma(\tau) S_C^0(\sigma, \tau) \times$$

$$\times C^*(t, \tau) d\tau \quad (2)$$

$$S_M^0 = 1 + \nu_K \left(\frac{\sigma}{R} \right)^{m_K}; \quad (3)$$

$$S_C^0 = 1 + \nu_C \left(\frac{\sigma}{R} \right)^{m_C},$$

где ΔW — площадь петли гистерезиса; σ — нормальные напряжения; R — предел прочности материала; \rightarrow и \leftarrow — значки, обозначающие соответственно нагрузку и разгрузку; ϵ — реологическое уравнение механического состояния материалов; E_M^0 — модуль мгновенной деформации; $C^*(t, \tau)$ — мера деформации простой ползучести; S^0 — функции нелинейности деформации; ν_K, ν_C, m_K, m_C — параметры нелинейности мгновенной (M) и запаздывающей (C) частей силовых деформаций (здесь ν характеризует угол смещения секущего модуля деформаций в момент разрушения по отношению к начальному модулю; то же, к мере простой ползучести; m — собственно параметр нелинейности деформирования).

Исторически вначале Н.Х. Арутюнян [5], И.И. Улицкий [6], А.Е. Шейкин [5] приняли параметр $m = 1$, решив ряд важных научных и практических задач. Позже нами по опытам К.Э. Таля и Е.А. Чистякова, В.И. Осидзе, О.П. Квирикадзе, Г.Д. Цискрели,

Н.И. Катина, Л.Б. Любимовой, Девисов и результатам собственных исследований уточнено, что параметры ν и m зависят от прочности бетона [2]

$$\nu_M = 37,5/R; \quad \nu_C = 45,0/R; \quad m_K = 5,7-0,05R; \quad m_C = 5,0-0,07R \quad (4)$$

Затем рекомендациями [8] было предписано приближенно принимать эти параметры в зависимости от класса бетона (табл. 1).

Наконец, С.В. Бондаренко [3, 9] доказал, что в инженерных расчетах строительных конструкций целесообразно (с точностью до 3%) вместо реологического уравнения (1) применять квазилинейное предложение типа Ю.Н. Работнова с единой функцией нелинейности

$$S^0 = 1 + \nu \left(\frac{\sigma}{R} \right)^m, \quad \text{где} \quad \nu = \nu(0,7), \quad (5)$$

$$m = \frac{1}{\ln 0,7} \left[\frac{f(0,7) - 1}{\nu(1,0)} \right]$$

С целью упрощения последующих вычислений это предложение ниже используется в так называемой временной форме С.Е. Фрайфельда [2]

$$\epsilon = \frac{\sigma(t)}{E_{вр}^0} S^0, \quad \text{где} \quad \frac{1}{E_{вр}^0} = \frac{1}{E_M^0} - \int_{t_0}^t \frac{\sigma(\tau)}{\sigma(t)} \frac{\partial}{\partial \tau} C^*(t, \tau) d\tau \quad (6)$$

Например, для бетонов классов В15 и В60 значения усредненных параметров нелинейности представлены в табл. 2.

$$\Delta W = W - W_0$$

$$W = \frac{\sigma^2}{2E_{вр}^0} \left[1 + 2\nu \left(1 - \frac{1}{2+m} \right) \times \right. \quad (7)$$

$$\left. \times \left(\frac{\sigma}{R} \right)^m \right]$$

$$W_0 = \frac{\sigma^2}{2E_{вр}^0} \quad (8)$$

$$\Delta W = \frac{\nu \left(1 - \frac{1}{2+m} \right)}{E_{вр}^0 R^M} \sigma^{(2+m)} \quad (9)$$

Отсюда коэффициент поглощения энергии материала

$$\psi = \frac{\Delta W}{W}, \quad (10)$$

$$\text{где} \quad W = \int_0^\epsilon \sigma d\epsilon = \sigma\epsilon - \int_0^\sigma \epsilon d\sigma = \quad (11)$$

$$= \frac{\sigma^2}{2E_{вр}^0} \left[1 + 2\nu \left(1 - \frac{1}{2+m} \right) \left(\frac{\sigma}{R} \right)^m \right]$$

— величина энергии деформирования единицы объема тела при разовом нагружении.

Подстановка выражения (6) и (5) в формулу (11) приводит к записи вида

$$W = C \frac{\sigma^2}{2E_{вр}^0}, \quad \text{где} \quad C = 1 + 2\nu \times \left(1 - \frac{1}{2+m} \right) \left(\frac{\sigma}{R} \right)^m \quad (12)$$

С помощью (8), (12) и (10) найдем значение ψ для бетона классов 15 и 60 в диапазоне от $\sigma/R = 0$ до $\sigma/R = 1,0$ (см. табл. 3).

На практике в качестве базового эксплуатационного уровня напряженного состояния принимают $\sigma/R = 1/2$; в этом случае коэффициент поглощения для В15 почти в 2,5 раза выше, чем для В60.

Гистерезисное поглощение энергии за один цикл нагружения—разгружения в единице объема тела можно представить в виде

$$\Delta \Phi = \int \Delta W d\Omega, \quad (13)$$

где Ω — объем тела, а гистерезисное поглощение энергии за некоторый промежуток времени t , в течение которого произошло n циклов нагружения—разгружения, описывается выражением

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \Phi_i \quad (14)$$

Для равноциклового нагружения—разгружения (с периодом T)

Таблица 2

Усредненные параметры нелинейности		Класс бетона В	
		15	60
$\frac{\nu_M}{m_M}$		2,6	0,7
		5,0	3,0
$\frac{\nu}{m}$		2,9	0,93
		4,27	3,52
		$\approx 4,0$	
$\frac{\nu_c}{m_c}$		3,11	1,22
		4,0	4,0

$$\Phi = \frac{r_i}{T} \Delta\Phi. \quad (15)$$

Учитывая высокую степень зависимости гистерезисного поглощения энергии материалом от уровня напряженного состояния, особое значение приобретает способность конструкций к перераспределению (выравниванию) усилий за счет нелинейности деформирования. Другими словами, используя перераспределительную способность конструкций удобно управлять гистерезисными потерями энергии; аналогичные эффекты можно получать, подбирая выгодную статическую схему конструкции.

Сказанное легко проиллюстрировать сравнением величины гистерезисных потерь двух одинаковых, равнопролетных балок, пролетом L , загруженных посередине пролета одинаковой силой P . Балка А, свободно опертая на двух шарнирных опорах, имеет уравнение для изгибающего момента

$$M_A = (P/2)v, \quad (16)$$

где v — координата пролета. Балка Б, защемленная в двух опорах, имеет уравнение для изгибающего момента

$$M_B = Pv/2 - PL/8 \quad (17)$$

Стремясь к упрощению, согласно [1], примем выражение для нормальных напряжений

$$\sigma = \left(\frac{Z}{h/2} \right) \sigma_{\text{бф}}; \quad n_\sigma = 1 - (1 - f_0) \times \left(\frac{M}{M_{\text{пр}}} \right) \approx 1 - \frac{M}{M_{\text{пр}}}; \quad (18)$$

$$\sigma_{\text{бф}} = \frac{M}{W_{pl}}; \quad W_{pl} = \gamma W_{red},$$

где W_{red} — приведенный момент сопротивления сечения; γ — коэффициент нелинейности (для прямоугольного сечения $\gamma = 1,75$); h — высота и b — ширина балки; $\gamma_{\text{бф}}$ — фибровые напряжения; $f_0 = E_{\text{расс}}^R / E_{\text{расс}}^0$ — отношение касательного временного модуля в момент разгрузки к начальному временному модулю.

Теперь, используя соотношения (8, 13, 18), можно найти отношение K гистерезисного поглощения энергии балки А к такому же гистерезисному поглощению энергии балки Б

$$K = \frac{\Delta\Phi_A}{\Delta\Phi_B} = \frac{\int_0^{h/2} \int_0^{L/2} \sigma_A^{2+m} dZdv}{2 \int_0^{h/2} \int_0^{L/4} \sigma_B^{2+m} dZdv} \quad (19)$$

В рассматриваемом примере в зависимости от класса бетона величина K может достигать 4. Величина $K > 1$ тем больше, чем выше

Таблица 3

Класс бетона	Уровень напряженного состояния, (σ/R)							
	0	1/4	1/3	1/2	2/3	3/4	4/5	1
В15	0,0	0,016	0,050	0,262	0,460	0,577	0,678	0,812
В60	0,0	0,006	0,019	0,088	0,234	0,328	0,387	0,607

значение параметра нелинейности m . Даже в самом простейшем случае (если для балки А моменты $M = M_{\text{пр}}$ и $m = 1$ [5, 6, 7]) величина $K = 1,2$, т.е. отмечается 20%-ная разница в величинах гистерезисных потерь энергии, что весьма существенно при решении практических задач.

Известно, что нелинейность деформирования статически неопределимых стержневых строительных конструкций предопределяет перераспределение усилий с более нагруженных на менее нагруженные сечения [2], а в тонкостенных пространственных конструкциях — дополнительно с одного координатного направления на другое (перпендикулярное) координатное направление [1].

Вскрытая особенность гистерезисного поглощения энергии и выявленной механики регулирования величинами этого поглощения повышает возможность управления энергетическими качествами строительных конструкций. При необходимости улучшить сопротивление зданий и сооружений разрушительным энергетическим воздействиям (сейсмическим нагрузкам, взрывам и другим импульсивным нагрузкам) можно увеличивать гистерезисное энергопоглощение конструкций. При необходимости уменьшить непроизводительные энергопотери искусственно вырабатываемой энергии (при работе машин, генераторов и т.п.) можно уменьшить указанное гистерезисное энергопоглощение [12].

Библиографический список

1. Бондаренко В.М., Бондаренко С.В. Инженерные методы нелинейной теории железобетона. — М., Стройиздат, 1982.
2. Бондаренко В.М. Некоторые вопросы нелинейной теории железобетона. — Харьковский гос. ун-т, Харьков, 1968.
3. Бондаренко С.В. Теория сопротивления строительных конструкций режимным нагрузкам. — М., Стройиздат, 1984.
4. Москвитин В.В., Акоев Э.С. К переменному нагружению вязкопластических сред. — Московский гос. ун-т, вып. 4 (С. 139—151), М., 1975.
5. Арутюнян Н.Х. Некоторые вопросы теории ползучести. — М., Гостехиздат, 1952.
6. Улицкий И.И. Теория и расчет железобетонных строительных конструкций с учетом длительных процессов. — Киев, «Будивельник», 1967.

7. Шейкин А.Е. Ползучесть при повторных нагрузках и модуль деформации бетона (В сб. «Исследование железобетонных и сварных мостовых конструкций»), Труды МИИТ. — М., 1956.

8. Рекомендации по учету ползучести и усадки бетона при расчете бетонных и железобетонных конструкций. — М., НИИЖБ, 1985.

9. Бондаренко С.В., Тутберидзе О.Б. Инженерные расчеты ползучести строительных конструкций. — Тбилиси, «Ганатлебо», 1988.

10. Давиденков Н.Н. О рассеянии энергии при вибрациях. — ЖТФ ч. VIII, вып. 6, 1938.

11. Гержула Л.Б. О критерии длительной прочности материалов, обладающих реологическими свойствами.

Труды ХИСИ, вып. 18, изд. Харьковского гос. ун-та, Харьков, 1962.

12. Бондаренко В.М. О назначении оптимальных поперечных сечений динамически нагруженных конструкций. Вестник академии строительства и архитектуры УССР, N3, 1959.

СТАНДАРТЫ И НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

А.С. ЗАЛЕСОВ, д-р техн.наук., проф., И.М. ДРОБЯЩЕНКО, канд.техн.наук

Комплекс нормативных документов «Бетонные и железобетонные конструкции»

В настоящее время производится разработка нового комплекса нормативных документов для бетонных и железобетонных конструкций. Он основан на новых методических принципах построения и содержания нормативных документов, изложенных в СНиП 10-01-93 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения».

Комплекс нормативных документов «Бетонные и железобетонные конструкции» включает:

Строительные Нормы и Правила (СНиП) «Бетонные и железобетонные конструкции»;

Своды Правил (СП) для отдельных видов бетонных и железобетонных конструкций;

Стандарты (ГОСТ) на продукцию и методы контроля.

СНиП «Бетонные и железобетонные конструкции» разрабатываются в виде одного общего документа, распространяющегося на все типы бетонных и железобетонных конструкций, применяемых в промышленном, гражданском, транспортном, гидротехническом и

других областях строительства, изготовляемых из всех видов бетона и арматуры и подвергающихся любым видам силовых воздействий и воздействий окружающей среды. СНиП содержат основные обязательные положения, определяющие общие требования к бетонным и железобетонным конструкциям, включая требования к бетону, арматуре, расчетам, конструированию, изготовлению, возведению и эксплуатации конструкций.

Своды Правил (СП) разрабатываются на основе и в развитие общего СНиПа для отдельных видов бетонных и железобетонных конструкций и воздействий, выделяющихся спецификой армирования (обычные конструкции с ненапрягаемой арматурой, преднапряженные, сталежелезобетонные, дисперсно армированные), конструктивного решения (каркасные, крупнопанельные, пространственные), изготовления и возведения (сборные, монолитные, сборно-монолитные), воздействий (агрессив-

ные, высокотемпературные, динамические, сейсмические) и т.д. Своды Правил содержат рекомендательные положения, включающие детальные и конкретные методы расчета и правила конструирования, изготовления и возведения конструкций.

Стандарты (ГОСТ) разрабатываются в виде общих документов для сборных бетонных и железобетонных конструкций, бетонов, арматуры и арматурных изделий, а также в развитие общих стандартов — для отдельных видов сборных конструкций, бетонов и арматуры. Стандарты устанавливают требования к показателям качества продукции и методам контроля испытаний, определяющих это качество.

Таким образом, комплексом предусматривается создание стройной взаимосвязанной системы нормативных документов для бетонных и железобетонных конструкций, учитывающей современные подходы в области нормирования и стандартизации.

ИНФОРМАЦИЯ

Р.Л. СЕРЫХ, научный руководитель ГНТП «Стройпрогресс», д-р техн.наук, проф.

Мини-технологии в программе «Стройпрогресс»

Научно-техническая политика, проводимая Миннауки России путем выполнения государственных научно-технических программ, одной из которых является ГНТП «Стройпрогресс», начинает давать конкретные выходы

через разработанные технологии и оборудование. Последние обеспечивают приоритеты отечественной научно-инженерной мысли и в большей своей части приспособлены к условиям Российской экономики.

При постановке проектов программы Научным советом ставились задачи по обеспечению в разрабатываемых технологиях: выпуска экологически чистых строительных материалов и изделий; широкомасштабного использова-

ния местных сырьевых ресурсов и попутных продуктов промышленно-предприятий смежных отраслей в производстве строительных материалов, а также обеспечение нормальных условий труда в рабочей зоне разрабатываемых технологий.

Поставленные задачи успешно реализуются в большей части проектов программы и представляют собой мини-производства, размещаемые как на действующих площадях, так и на площадях, не требующих существенных капитальных вложений.

НИИЖБом Минстроя РФ и АО Научно-производственной и инвестиционной ассоциации «Стройпрогресс» создана линия безавтоклавного ячеистого бетона для изготовления стеновых и теплоизоляционных изделий на основе тонкомолотых сухих смесей (ТМС) с поробразующими добавками. Технология включает две установки: помольную, по приготовлению сухих смесей (10 тыс.т/год) и линию по выпуску изделий из ячеистого бетона (15—20 тыс.м³/год).

Технологическая линия ячеистого бетона предусматривает расход сырьевых материалов на 1 м³ готовой продукции в различных соотношениях: цемент — от 300 до 400 кг, песок обычный — от 400 до 500 кг, зола сухого отбора ТЭС — от 400 до 500 кг, добавки — от 0,6 до 1,5 кг. Возможно использование золошлаковых смесей и других попутных продуктов промышленности и энергетики. Средняя плотность неавтоклавного ячеистого бетона обуславливается соответствующим подбором компонентов и находится в пределах от 600 до 900 кг/м³, что отвечает требованиям ГОСТ 25485. Себестоимость продукции зависит от ряда условий и изменяется в пределах 70—120 тыс.руб за 1 т в ценах 1994 г.

В настоящее время заканчивается монтаж технологической линии в г. Железнодорожный Московской области. Необходимая площадь для размещения линии 450 м². Пылеплотное исполнение технологического оборудования линии обеспечивает выбросы в окружающую среду в пределах требований санитарных норм.

Поскольку в России имеются довольно большие объемы попутных продуктов переработки древесины (опилки, стружка), а также продукты растительного (сельскохозяйственного) происхождения и остро встают проблемы их утилизации, то в рамках программы разработана технология по производ-

ству экологически чистых древесно-полимерных плит, под сокращенным наименованием «Древесный пластик». Авторами разработки является АО НП и ИА «Стройпрогресс» с участием НПАО «Стройлес».

Технология предусматривает использование древесных отходов и отходов термопластов, позволяющая получать композиционные отделочные и конструкционные экологически чистые материалы. Линия производительностью от 1000 до 5000 м³/год готовой продукции располагается на площади в 300 м² при высоте помещения до 10—12 м. В настоящее время завершается монтаж опытно-промышленной линии. Продукция может найти применение в деревообрабатывающей промышленности (мебельное производство, декоративная отделка помещений), на транспортном производстве, в промышленном и гражданском строительстве.

Предприятием «Вибротехника» и АО НП и ИА «Стройпрогресс» разработан мини-завод по производству сухих смесей для строительства производительностью 5—10 тыс.т/год. Строительные смеси широкой номенклатуры получают с использованием золы сухого отбора ТЭС и других силикатсодержащих попутных продуктов промышленных предприятий.

Комплект мини-завода включает следующие основные элементы: узел приемки и сушки компонентов, бункеры хранения исходных и готовых продуктов, дозаторы, вибрационный смеситель, вибрационную мельницу для получения многокомпонентного вяжущего, устройство для затаривания продукции в мешки. Общая масса оборудования 400 т. Расход сырьевых материалов на 1 т готовой продукции в различных соотношениях: цемент — от 15 до 40%; песок — от 30 до 70%; зола сухого отбора ТЭС — от 15 до 40%; технологические добавки от 1 до 5% массы вяжущего. Широкая номенклатура смесей позволяет использовать их для отделочных и кладочных работ, устройства подготовки под полы и кровли, заделки стыковых соединений, наклейки отделочных материалов и др.

Опытно-промышленная установка смонтирована на комбинате «Мосасботермостекло» в г. Железнодорожный Московской области и включена в состав технологической линии по производству неавтоклавного ячеистого бетона.

Отдельно стоящий мини-завод по производству многокомпонент-

ных сухих смесей располагается на площадке 6х26 м, либо в помещении, имеющем высоту 15 м. Монтаж мини-завода осуществляется в течение 6 мес. Управление мини-заводом предусмотрено в ручном и автоматизированном режимах. Пылеплотное исполнение технологического оборудования обеспечивает выбросы в окружающую среду в пределах, предусмотренных санитарными нормами. Для ограничения уровня шума от вибрационной мельницы и смесителя предусмотрена эксплуатация их в изолированных шумопоглощающих боксах. Техническое исполнение мини-завода соответствует лучшим мировым достижениям (фирмы «Лохья», Финляндия; «Кнауф», Германия).

МНИПТИ «Стройиндустрия» совместно с АО НП и ИА «Стройпрогресс» разработан мини-завод по производству конструкций для индивидуального строительства производительностью 10 м³/год. В нем предусмотрена унифицированная номенклатура сборных изделий для фундаментов, стен и перекрытий. Номенклатура включает также до 80% (по объему комплектуемого дома) дешевых штучных изделий и обеспечивает возможность как механизированного, так и полностью ручного монтажа, что позволяет сократить сроки и значительно снизить затраты при строительстве малоэтажных жилых домов. Технология позволяет изготавливать мелкоштучные изделия из мелкозернистого бетона с регулируемой структурой с использованием попутных продуктов промышленных производств.

При выпуске стеновых элементов строительный песок может быть полностью заменен отальными золошлаковыми смесями или золой-уносом. Использование высокопоризованного теплоизоляционного мелкозернистого бетона (пеноцемента) с объемом вовлеченного воздуха более 60% позволяет получать высокоэффективный стеновой материал. Технология базируется на применении высокоскоростного смесителя для изготовления пенобетона со средней плотностью до 350 кг/м³.

НПО НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды (НИИКВОВ) совместно с АО НП и ИА «Стройпрогресс» разработана технология нанесения цементно-песчаного антикоррозионного покрытия на трубы инженерных коммуникаций производительностью 100 км труб/год. Это позволяет восстанавливать систему действующую

щих водопроводящих систем без их вскрытия, что в 3—4 раза позволит увеличить срок службы трубопроводов с сохранением качества подаваемой потребителям воды на уровне требований стандарта, а также устранить утечку воды из трубопроводов за счет обеспечения их полной герметизации. Комплект оборудования предназначен для внутренней антикоррозионно-герметизирующей защиты вновь строящихся, а также реновации ветхих, изношенных и находящихся в аварийном состоянии трубопроводов из металла, асбоцемента и железобетона путем нанесения тонкого слоя цементно-песчаных покрытий. Материал защитного покрытия — пескобетон, наносимый слоем толщиной 6—12 мм на внутреннюю поверхность труб с гарантированным сроком службы 50 лет, диаметры защищаемых трубопроводов более 100 мм.

Комплект оборудования апробирован на полигоне НИИКВОВ, а также в эксплуатируемых трубопроводах в Уфе и Анапе.

АО НП и ИА «Стройпрогресс» и ТОО «Армокоттедж» разработана

система быстровозводимых экологически чистых жилых домов из армодеревянных конструктивных элементов (АДК). Новая высокоэффективная и экологически чистая технология производства деревянных домов из АДК позволяет в кратчайшие сроки строить более экономичные и отвечающие потребностям населения жилые дома.

АДК из армированной древесины — это композиция древесины с армирующими и шарнирно соединенными элементами из высокопрочных материалов (как правило, из стали), объединенными мастичными составами типа эпоксидных. Для производства АДК используется низкосортная древесина (отходы лесопиления, пиломатериалов, хлысты малого диаметра). Создано производство и освоены приемы изготовления разнообразных типов АДК и их комплектов. Линия по производству домов из АДК производительностью 200 комплектов в год сборных жилых домов типа ЛАД-1 (двухкомнатный, двухэтажный коттедж шатрового типа) функционирует в г. Калтане. Возмож-

ны варианты таких домов площадью до 250 м².

Кроме названных мини-технологий, имеющих высокую степень готовности, включая конструктивную документацию на оборудование, разрабатываются проекты новых типов кровель, в том числе безасбестовые, клеющих и герметизирующих материалов. Создаются новые системы изготовления некерамических отделочных материалов из ВНВ и силикатов магния, совершенствуется кирпичное производство. Разрабатывается большая гамма инженерного оборудования (полимерметаллические трубы холодного и горячего водоснабжения, теплоагрегаты на различных видах топлива, сантехнические приборы на керамических запорных устройствах и др.).

Публикуя эту информацию в журнале, Научный совет ГНТП «Стройпрогресс» надеется получить отклик наших читателей, а всех потенциальных потребителей просим обращаться в дирекцию программы по адресу: 113105, г. Москва, Варшавское шоссе, 17 АО НП и ИА «Стройпрогресс».

Проблемы долговечности

С целью привлечения широкого круга ведущих ученых и специалистов к обсуждению теоретических и практических проблем стойкости и долговечности зданий и сооружений в декабре прошлого года в Российской академии архитектуры и строительных наук прошли академические чтения на тему: «Долговечность материалов зданий и сооружений. Оценка, прогноз».

В развернувшейся дискуссии приняли участие 54 ведущих специалиста страны в данной области, 26 из которых выступили с научными сообщениями.

Было отмечено, что оценка долговечности материалов зданий и сооружений приобретает сегодня особую актуальность в связи с необходимостью широкого внедрения интенсивных технологий, применения новых строительных материалов, конструкций и учета в них сопротивляемости не только от различных механических воздействий во времени с распространением деградационных процессов в сечениях конструкций, но и изучения агрессивных воздействий химического, физического и биологического характера. Сегодня в практике проектирования для

обеспечения долговечности строительных конструкций не допускается наступления предельных состояний по несущей способности и деформациям. Предельные состояния рассчитываются по параметрам временного сопротивления материалов с соответствующими коэффициентами надежности и условий работы.

Известно, что долговечность конструкций зависит в основном от состава материалов, технологии их изготовления, а также от агрессивных воздействий, действующих на них. Особое внимание необходимо уделять изучению физико-химических и механических процессов в структуре материалов, ведущих к повышению хрупкости или, наоборот, к псевдопластичности материалов в условиях напряженного состояния. При учете прогнозирования долговечности следует совершенствовать методы численного моделирования и расчета по схемам, максимально учитывающим характеристики применяемых материалов, осуществлять периодический контроль за состоянием объектов в сочетании с профилактическими мерами ремонта и усиления.

По результатам дискуссии принято решение:

1. Общепризнана необходимость перехода в расчетах конструкций от коэффициентов условий работ к функциям, отражающим деградацию сооружения в зависимости от структурных, масштабных, технологических и эксплуатационных факторов.

2. Отмечена исключительная актуальность и пионерный характер развернутых в России исследований в области биологического и физического сопротивления материалов и конструкций.

3. Признано целесообразным создать координационный совет по проблеме долговечности при Российской академии архитектуры и строительных наук.

4. В свете выступлений специалистов приступить к разработке Федеральной программы долговечности с учетом современного уровня знаний, потребностей регионов и отраслей промышленности.

В.И. Римшин,

ученый секретарь

Отделения строительных наук
РААСН, канд. техн. наук

Эксплуатация строительных конструкций и сооружений

На современном этапе развития многих ведущих стран мира вопросы эксплуатации зданий и сооружений привлекают все большее внимание. Общее количество действующих дорог, мостов, высотных зданий и других ответственных строительных сооружений неуклонно увеличивается, но при этом доля «возрастных» строительных объектов растет опережающими темпами. Огромные объемы массового строительства в послевоенной Европе, создание новых более прогрессивных преднапряженных большепролетных и тонкостенных конструкций с использованием сверхпрочных материалов, многократное увеличение интенсивности эксплуатации существующих сооружений, разрастание местных и региональных вооруженных конфликтов, сопровождающихся актами вандализма и терроризма, поставили перед современным обществом новые задачи.

Проблемы экологии, ограниченность природных ресурсов, повышение требований к безопасности сооружений привели к тому, что строительная наука и практика начинают смещать акценты с поиска новых проектных решений к поиску новых концепций эксплуатации существующих и вновь строящихся сооружений.

Если до сих пор подход к эксплуатации основывался главным образом на интуиции и накопленном опыте, то современный подход все более опирается на научную основу, на развитие так называемой стратегии эксплуатации, которая зачастую становится интегральной частью проектов новых ответственных сооружений. Свидетельством тому является публикация в Голландии специального номера журнала [1] с обобщением работ ведущих научно-исследовательских организаций страны в этой области.

В статье «Эксплуатация строительных сооружений» в общем виде проиллюстрированы основные принципы подхода к выработке стратегии эксплуатации, с последующим приложением этих принципов к конкретным случаям эксплуатации автомобильного путепровода из преднапряженных железобетонных конструкций и шлюзовой камеры комбинированной конст-

рукции. Все конструкции и сооружения, как известно, выполняют одну или несколько функций, причем большинство из них являются постоянными и активными, хотя некоторые из них могут быть пассивными и реализовываться только по требованию.

Различаются три основные причины потери функциональности (отказа) конструкций, ведущие к снижению прочности, потере внешнего вида, эксплуатационных свойств и т.д.:

1 — технические, вызванные старением материала;

2 — внешние (предусмотренные и непредвиденные), вызванные загрязнением внешней среды, авариями, землетрясениями, вандализмом и т.п.;

3 — человеческие (ошибки и действия) — в проектировании, в реализации проекта, в осуществлении эксплуатации и т.п.

Опыт и исследования показывают, что вклад каждой из перечисленных групп в общую величину потери функциональности является величиной одного порядка, т.е. группы причин оказывают равносущественными.

Применительно к разработке стратегии эксплуатации бетонных конструкций следует иметь в виду известный «закон пяти» Де Ситтера [2]. Этот закон утверждает, что один доллар, потраченный на долговечность на стадии проектирования, эквивалентен пяти долларам, потраченным на превентивную эксплуатацию, и двадцати пяти долларам, потраченным на коррективную эксплуатацию, т.е. на ремонтно-восстановительные работы. Возможные последствия потери функциональности (отказа) конструкций оцениваются экономическими и социальными категориями, которые служат основанием при выработке стратегии эксплуатации.

Целью стратегии является обеспечение экономически сбалансированных технических мероприятий на уровне отдельных компонентов и конструкции в целом, позволяющих содержать конструкцию в таком состоянии, что она может выполнять свои функции в течение определенного периода времени с достаточной надежностью, эксплуатационной пригодно-

стью, долговечностью и надлежащим внешним видом. Приступая к выработке стратегии, следует определить функциональные требования, которым должна отвечать конструкция (компонент), и последствия, к которым может привести преждевременная потеря функциональности.

Известны три принципиально отличные стратегии эксплуатации: коррективная, по срокам службы и по срокам достижения уровня неприемлемости. В первом случае эксплуатационные действия предпринимаются после обнаружения отказа в конструкции; во втором случае действия предпринимаются через определенный период эксплуатации и в последнем случае эти действия предпринимаются после достижения конструкцией или ее компонентом предельного состояния.

Рассмотренные стратегии применимы также на компонентном уровне. Такие гражданские сооружения, как путепровод или шлюзовая камера, представляют собой многокомпонентные системы. Несмотря на отличное выполнение своих функций большинством компонентов сооружение в целом может перестать выполнять полностью или частично свои функции в результате выхода из строя одного или нескольких компонентов. Поэтому на уровне сооружения для каждой функции следует создать систему декомпозиции вплоть до уровня управляемых компонентов или подсистемы с использованием принципов системного анализа.

В связи с тем, что в большинстве случаев имеется мало достоверных сведений о стоимости и поведении отдельных конструкций, разработаны модели осуществления их эксплуатации с принятием решений на качественном уровне. Качественный подход использует три типа стоимости: риск, ремонт (или замена) и инспекция. Очевидно, что целью эксплуатации является минимальная стоимость срока службы, поэтому все указанные выше стоимости должны быть привязаны ко времени. Чем больше выполняет свои функции элемент, тем ниже будет стоимость единицы времени его эксплуатации, но при этом растет риск отказа конструкции, для снижения

которого приходится чаще проводить инспекции. В связи с длительным сроком службы строительных конструкций заметную роль играет фактический банковский процент на вложенный капитал. Предложены упрощенные формулы для количественного определения ожидаемой удельной стоимости эксплуатации для всех трех стратегий эксплуатации. Разработано несколько вариантов компьютерных программ, которые с учетом вероятностных схем деградационных процессов, граничных условий отказа и стоимости всех трех условий эксплуатации автоматически определяют экономичную стратегию или стоимость принятой стратегии.

Возможность количественной оценки стоимости отдельных компонентов и сооружений в целом с учетом эксплуатационных расходов и рисков отказа позволяет оценить целесообразность дальнейшей эксплуатации некоторых сооружений и их досрочной замены.

В приведенных конкретных примерах использования теоретических разработок продемонстрированы последовательность всех действий по разработке стратегии эксплуатации, начиная от определения основных функций сооружения, целей ее эксплуатации, стоимости и вероятность отказов, суть деградационных процессов (карбонизация бетона, коррозия арматуры, расстройство компенсационных швов и т.д.), выбор способов и последовательность инспектирования компонентов сооружения и т.д.

В свете сравнительно недавней трагедии с затонувшим эстонским паромом определенным интерес представляет статья «Вероятностное планирование эксплуатации металлических перемычек в противощтормовой защитной дамбе Истерн Шхельд». Дамба представляет собой систему из 62 стальных ворот, которые, как и на пароме, опускаются при угрозе шторма и защищают от затопления долину реки с прилегающими окрестностями.

В процессе монтажа ворот было выявлено, что часть несущих стальных трубчатых ферм была выполнена из металла с крупнозернистой структурой, что создавало опасность возникновения трещин в сварных узлах при действии максимальных усилий от волновых нагрузок. В связи со значительной трудоемкостью замены ферм было решено провести исследование проблемы для принятия последую-

щих мер. Лабораторные опыты подтвердили опасность хрупкого разрушения стыков. Исходя из условий безопасности часть труб в наиболее нагруженных местах пришлось заменить.

После окончания монтажа дамбы было проведено исследование остальных ее ворот с целью установления интервалов и глубины инспектирования, которые при минимально возможной стоимости гарантировали бы защиту долины от затопления в течение всего срока службы дамбы (200 лет и 700 тыс. циклов нагрузки).

Для установления распределения величин соответствующих стохастических параметров материалов и нагрузок были применены статистические методы, а также приемы механики разрушения для описания поведения трубчатых стыков при усталостных и сверхвысоких нагрузках. На основе этих исследований были разработаны методы оценки вероятности разрушения и обнаружения трещин, которые позволили разработать модели решения, основанные на ожидаемых расходах и уровне надежности.

Для определения стратегии управления использовали два типа моделей: модели условий и модели эксплуатации. Первые являются математическими моделями, и они были использованы в компьютерных программах для установления вероятностей наступления определенных событий (отказа или выхода из строя элементов конструкции, появления трещин и т.д.). Вторые зависели от избранной стратегии эксплуатации.

Стоимость эксплуатации определили для всех трех известных моделей эксплуатации с учетом банковской процентной ставки за вычетом инфляции (5%).

Выполненная в период 1985—1992 гг. работа позволила создать оптимальную стратегию эксплуатации ворот противощтормовой дамбы с учетом стоимостей: капитальных вложений, инспекций, ремонта и аварии. По финансовым соображениям сроки и глубина инспектирования были дифференцированы в зависимости от нагрузок и типа материалов ворот.

Статья «Модель для определения стратегии эксплуатации отдельных компонентов системы при минимальных расходах» является результатом теоретических исследований авторов. Модель разрабатывалась главным образом для элементов строительных конструкций, разрушение которых происходит в

течение достаточно длительного периода времени. Контроль состояния элементов осуществляется периодическими инспекциями, ремонт возвращает элементы в первоначальное состояние. При таких предпосылках задачей является определение периодов инспектирования и того состояния элемента, когда следует осуществлять его ремонт. Задача моделируется в виде дискретного итерационного процесса принятия решений (алгоритм Маркова) и может быть применена для решения целого ряда практически задач. Авторами разработан пакет компьютерных программ, поддерживающих данный подход, который используется Департаментом общественных работ Нидерландов.

Представляет интерес статья, рассматривающая систему поддерживающих компьютерных программ по оптимизации эксплуатации. Было разработано пять моделей оптимизации, базирующихся на концепции надежности, которые применимы ко всем видам технических систем. Концепция надежности в моделях заключается в поисках баланса стоимостей между превентивной и коррективной эксплуатацией с использованием упрощенной «ванной» кривой в качестве математической модели поведения компонента при разрушении.

Теоретически при использовании программ оптимизации следует все модели применять к каждому элементу конструкции, что занимает значительное время. Однако автором упомянутой статьи предложен метод упрощения задачи, состоящий в объединении компонентов в подсистемы и группы в зависимости от их функционального назначения. Так, например, при оптимизации стратегии эксплуатации моста Ван Бриененоорд работа была разделена на семь последовательных этапов. Это позволило значительно ускорить решение проблемы и подтвердить на практике, что вероятностные модели являются мощным средством организации оптимальной эксплуатации.

В другом случае применение моделей для выработки стратегии эксплуатации бетонных фундаментов с учетом карбонизации бетона показало, что при выполнении фундаментных работ разными подрядчиками при различном качестве бетона интервалы инспектирования могут колебаться от 4 до 17 лет.

В статье К. Кюпера представлен пример оптимизации эксплуатации искусственного основания дна реки с учетом риска его разрушения и стоимости ремонта. Автором разработана классификация моделей старения и вычислены экономически целесообразные интервалы инспектирования.

Совершенно очевидно, что дальнейшая безопасная эксплуатация

многих ответственных сооружений в России, в том числе атомных электростанций, мостов, хранилищ радиоактивных и других вредных отходов, требует учета мирового опыта и постановки собственных масштабных исследований в этой области.

Библиографический список

1. Inspection and maintenance strategies, HERON, Vol. 39, N 2, 1994, 107 pp.
2. R. Desitter, CEMENT, N 3, 1983/IABSE — Symposium, Paris 1987.

В.П. Трамбовецкий,
канд. техн. наук

Производство товарного бетона во Франции

Промышленность товарного бетона во Франции насчитывает около 1600 заводов, выпускающих ежегодно 32—36 млн.м³ товарного бетона. Душевой показатель производства этой продукции составляет 0,56 м³ на одного человека (1992 г.), т.е. находится на среднем уровне (9 место) среди других ев-

ропейских стран, данные по которым приведены в табл. 1.

Для сравнения укажем, что в США производство товарного бетона составляет примерно 0,6 м³ на человека, а в Японии (наивысший показатель в мире) — 1,6 м³. Для России, если исходить из нынешнего объема производства цемента 50 млн.т в год и если при-

Таблица 3

Класс	2 сут	7 сут	28 сут
35	—	10	25
45	—	17,5	35
45R	12	—	35
55	10	—	45
55R	17	—	45
HR	15	—	55
HPR	20	—	55

Таблица 1

Страна	Объем производства		На душу населения		Потребление цемента от общего объема	
	млн.м ³	место	м ³	место	%	место
Германия	57,6	2	0,72	7	53	5
Австрия	7,1	10	0,9	4	45	9
Бельгия	8,3	8	0,83	5	39	13
Дания	1,7	14	0,31	15	31	15
Испания	35,9	3	0,74	6	35	14
Финляндия	1,5	16	0,30	16	40	12
Франция	32,2	4	0,56	9	40	11
Великобритания	20,8	5	0,35	14	50	7
Греция	11,5	6	1,15	3	55	4
Ирландия	2,1	13	0,6	8	42	10
Италия	70,0	1	1,23	2	46	8
Норвегия	1,6	15	0,4	11	65	1
Нидерланды	7,7	9	0,5	10	53	5
Португалия	3,5	11	0,4	11	15	16
Швеция	3,4	12	0,4	11	62	3
Швейцария	10,7	7	1,57	1	63	2

Таблица 2

Класс	Под-класс	Прочность (МПа) в возрасте		
		2 сут		28 сут
		мин	макс	макс
35	—	—	25	45
45	—	—	35	55
	R	15	35	55
55	—	—	45	65
	R	22,5	45	65
HR	—	—	55	—
	R	27	55	—

нять, что на производство товарного бетона (сюда входит и раствор) расходуется примерно 30—40% его производства, душевой показатель составит примерно 0,2—0,3 м³.

Французские нормы классифицируют прочность цемента (как это принято повсеместно) в возрасте 28 сут, а для отдельных случаев существуют требования по прочности в возрасте 2 сут. В нормах содержится три класса по прочности: 35, 45 и 55 (МПа) и два класса по эксплуатационным параметрам: высокодолговечные (HR) и высокодолговечные быстротвердеющие (HPR). Для классов 45 и 55 предусмотрены два подкласса: 45R и

55R (R — рапид, означает быстротвердеющий). Классы по прочности в соответствии с ЕР 15-301 приведены в табл. 2.

Гарантированные (минимальные) характеристики по прочности (МПа) в разном возрасте для этих классов представлены в табл. 3.

Практически все цементы содержат в том или ином количестве клинкер, шлак, золу-унос, пуццоланы, инертные наполнители. В зависимости от содержания этих компонентов цементы имеют буквенную индикацию (CPA — клинкерный портландцемент, CPS — смешанный портландцемент, CHF — шлакопортландцемент и т.п.).

Кроме того, производятся специальные виды вяжущих, к которым относятся цемент быстротвердеющий, высокоалюминатный, сульфатостойкий и другие виды цементов.

В зависимости от типа цемента тонкость помола, по Блайну, варьирует от 2600 до 4000 см²/г, для быстротвердеющего цемента этот показатель лежит в пределах 6000—7000 см²/г. Насыпная плотность цемента составляет 1100 кг/м³, удельная плотность 2900—3100 кг/м³. Начало и конец схватывания определяют по методу Вика. Сроки схватывания двух видов цементов в зависимости от температуры показаны в табл. 4.

Заполнители традиционно различаются на легкие, тяжелые и т.п. Гранулометрия определяется также обычным способом просеивания

Таблица 4

Цемент	Сроки схватывания в часах			
	20°C		40°C	
	начало	конец	начало	конец
Клинкерный	3	5,30	1,30	3,00
Шлаковый	5	7,30	2,30	4,00

через сита. Во Франции приняты следующие серии сит с квадратными ячейками, в мм: 0,08—0,1—0,125—0,16—0,2—0,25—0,315—0,4—0,5—0,63—0,8—1—1,25—1,6—2—2,5—3,15—4—5—6,3—8—10—12,5—16—20—25—31,5—40—50—63—80.

Вид бетона	Максимальный размер заполнителя, мм	Минимальный расход цемента, кг/м ³ , для бетона классов		
		B25	B30	B35
Мелкозернистый	8	330	365	396
	12,5	302	332	362
Обычный	16	287	316	344
	20	275	302	329
Крупнозернистый	25	263	289	315
	31,5	251	276	301

Таблица 5

Содержание примесей определяют отмучиванием. Модуль крупности песка определяют взвешиванием остатков (в %) на ситах.

Для бетона рекомендуется использовать песок с модулем крупности в пределах $2,2 \leq MK \leq 2,8$.

Франция имеет высокоорганизованную промышленность нерудных материалов (их выпуск составляет примерно 7 т на душу населения) более чем на двух тысячах карьерах. Валовый объем производства в денежном выражении превышает 3 млрд. долларов. Мощность среднего карьера составляет 16 т/ч мытого фракционированного заполнителя. За последние десять лет производительность карьеров возросла почти вдвое. Из 2220 карьеров 1177 производят заполнители из осадочных пород, 471 и известняковых скальных и 356 — из твердых скальных пород. Помимо 370 млн.т производимых нерудных материалов, в строительстве используется 12 млн.т побочных продуктов, в том числе 3 млн.т строительного лома. Промышленность товарного бетона потребляет 62 млн.т заполнителей, а всего на производство бетона и железобетона расходуется 139 млн.т разных заполнителей.

Жесткие требования по охране природы и угроза серьезных

штрафных санкций предписывают руководству карьеров оставлять после выработки ископаемых полностью отреставрированный и рекультивированный ландшафт, что и делается абсолютно во всех случаях. Вблизи Марселя один из карьеров был закрыт по одной единственной причине — на склоне горы, где велась выработка, растут цветы редкого вида.

Содержание взвешенных примесей в воде не должно превышать 2 г/л для железобетона и бетона повышенной водонепроницаемости и 5 г/л для неармированного бетона. Содержание растворенных примесей не должно превышать 15 г/л для железобетона и бетона

повышенной непроницаемости и 30 г/л для остальных случаев.

Добавки делятся на пластифицирующие, водопонижающие, суперпластификаторы (или разжижающие), воздухововлекающие, ускоряющие твердение, замедляющие

Таблица 6

Условия изготовления	Значение C_p , %		
	отлично	хорошо	плохо
Лаборатория	8	12	15
Заводы товарного бетона	10	15	20
Стройплощадка	15	20	25

схватывание, гидрофобные, противоморозные и др. Как правило, рецепты добавок являются ноу-хау производителей.

Контроль качества исходных материалов производится регулярно по времени и по партиям. Качество заполнителей проверяется при изменении поставщика, а при постоянных поставках песок проходит одно испытание на 1000 м³, или 2 раза в месяц, если объемы

Таблица 7

Марки по нормам 1968 г.	Классы по действующим нормам
B340	B30
B300	B27
B280	B25
B230	B20
B180	B16

поставки небольшие; гравий — одно испытание на 2000 м³, или 2 раза в месяц. Добавки испытываются из каждой поступающей партии.

Бетонные смеси подразделяются на жесткие (осадка конуса 0—3 см), пластичные (соответственно 5—9 см), сверхпластичные (10—15 см), текучие (16 см и более). Испытание консистенции смеси производится либо на заводе товарного бетона, либо на стройплощадке. Помимо консистенции, осуществляется контроль содержания воздуха, плотности и т.п.

Минимальный расход цемента не может быть ниже значения, определяемого по формуле $(250 + 10f_{ck})/5 \sqrt{D}$, где f_{ck} — характеристическая (нормативная) прочность на сжатие, в МПа; D — диаметр, в мм, наиболее крупной фракции заполнителя.

Рекомендуемые значения минимальных расходов цемента для бетонов некоторых классов в зависимости от крупности заполнителя приведены в табл. 5.

Расходы цемента могут отличаться от значений, приведенных в табл. 5, в зависимости от назначения конструкции. Для неармированных фундаментов, например, расход цемента может составлять 150—200 кг/м³, но даже для преднапряженных конструкций и иных ответственных сооружений его расход, как правило, не превышает 400 кг/м³.

Контроль строительно-технических свойств затвердевшего бетона производят как на заводе товарного бетона, так и в региональной лаборатории. Прочность на сжатие определяют испытанием цилиндров размером 16x32 см. Заполнение формы бетонной смесью жесткой и пластичной консистенции для изготовления контрольных образцов выполняют в два слоя. Первый уплотняется игольчатым вибратором диаметром 25 мм в течение 13 с и второй слой — тем же вибратором в течение 20 с. Уплотнение бетона сверхпластичной консистенции и текучего производится штыкованием. По окончании уплотнения формы накрывают материалом, предупреждающим испарение воды, и выдерживают в

помещении при температуре 20°C. После затвердения бетона образцы распалубливают, маркируют (дата и время изготовления, состав, завод, стройплощадка) и помещают в воду при температуре 20±2°C до момента испытания, (как правило, 7 и 28 сут.) Для каждой отобранной пробы изготавливают минимум три образца для испытания на сжатие. По достижении 28 сут образцы испытывают на сжатие при постоянной скорости возрастания нагрузки. Перед испытанием торцы цилиндрических образцов выравнивают подливкой расплава серы. Дополнительно могут определяться модуль упругости бетона и прочность его на растяжение при раскалывании.

Прочность на растяжение определяют испытанием балочек на изгиб приложением двух сосредоточенных сил в третях пролета. Соотношение между прочностью на растяжение f_t и прочностью на сжатие f_c рекомендуется определять по формуле $f_t = 0,6 + 0,06f_c$,

МПа. Прочность на растяжение может определяться также раскалыванием цилиндров по образующей.

На стройплощадке проводят разрушающие испытания бетона непосредственно в сооружении с помощью склерометров или ультразвуком. Помимо определения прочности, ультразвуковые испытания применяют для оценки однородности бетона в сооружениях, наличия повреждений и трещин (в частности, после аварий, пожаров). Используются и разрушающие методы (вырыва, скола и пр.).

Статистический контроль практикуется не только при определении характеристик прочности (нормативной), но и используется для оценки уровня организации производства. Для заводов товарного бетона Франции считается, что если стандартное отклонение равно или ниже 2,5 МПа, то это показатель высокого качества продукции; соответственно 4,0 МПа — среднего и 6 МПа — низкого качества товарного бетона.

Через коэффициент вариации эта оценка может быть представлена в табл. 6.

Во французских нормах принята обеспеченность 90%.

В табл. 7 показаны изменения в подходах к определению прочности, которые приняты в действующих нормах по сравнению с прежними.

В последние годы во Франции разработаны методы раннего контроля прочности в возрасте 16 ч, 24 ч и 7 сут, позволяющие с использованием корреляционных номограмм надежно определять прочность бетона в возрасте 28 сут. Корреляционные номограммы учитывают, в частности, такой фактор, как качество всех исходных компонентов.*

*А.В. Ночный, С.А. Подмазова,
Ю.С. Волков,*
кандидаты техн. наук

*Окончание статьи см. в следующих номерах.

Уважаемые подписчики!

Сведения о нашем журнале Вы найдете в Каталоге издательства «Известия» (в разделе II) издания АО «Агентства по распространению зарубежных изданий» (АРЗИ) и в Каталоге Федерального управления почтовой связи при Министерстве связи России.

Подписку на журнал «Бетон и железобетон» на второе полугодие 1995 г. Вы можете оформить по любому из этих каталогов, которые имеются во всех отделениях связи.

Подписной индекс журнала 70050.

Редакционная коллегия: Ю.М. Баженов, В.Г. Батраков, В.М. Бондаренко, В.В. Гранев, В.Г. Довжик, А.И. Звездов, Ф.А. Иссерс, Б.И. Кормилицын, К.В. Михайлов, В.А. Рахманов, И.Ф. Руденко, Р.Л. Серых (главный редактор), В.П. Сизов, В.М. Скубко, В.Р. Фаликман, Ю.Г. Хаюгин, А.А. Шлыков (зам.главного редактора), Е.Н. Щербаков

Корректор Н.Я. Шатерникова

Подписано в печать 23.03.91 Формат 60x88 1/8 Печать офсетная
Бумага книжно-журнальная Усл.печ.л. 3,92 Усл.кр.-отт. 4,92 Уч.изд.л. 5,2 Тираж 1830 экз. Заказ № 611

Адрес редакции:

Москва, Георгиевский пер., д. 1, строение 3, 3-й этаж
Почтовый адрес редакции (экспедиция): 101442, Москва, Долгоруковская ул., д. 23а
Тел. 292-62-05

Отпечатано в типографии N 9
Комитета РФ по печати
109033, Москва, Волочаевская, д. 40

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ «ЖЕЛЕЗОБЕТОН»

П Р И Г Л А Ш Е Н И Е И П Р О Г Р А М М А

2-й МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
24—25 МАЯ 1995 Г.

г. МОСКВА

СПОНСОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

ГП НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО»

НИИЖБ МИНСТРОЯ РОССИИ

ФОНД ПОМОЩИ СТРОИТЕЛЬНОМУ ДЕЛУ
И ПРОГРЕССИВНЫМ НАЧИНАНИЯМ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НАУЧНЫЙ КОМИТЕТ:

КРЫЛОВ Б.А. — председатель
БАТРАКОВ В.Г. — зам. председателя
МАРКАРОВ Н.А.
СОЛОМАТОВ В.И.
БАЖЕНОВ Ю.М.
МАЛИНИНА Л.А.
ИВАНОВ Ф.М.
КРАСНОВСКИЙ Б.М.
ДОВЖИК В.Г.

ОРГКОМИТЕТ:

МАМЕДОВ Т.И. — председатель
ФАЛИКМАН В.Р. — зам. председателя
БРАСЛАВСКИЙ Б.М.
ВОЛКОВ Ю.С.
УСКОВ Н.Н.

УВАЖАЕМЫЙ КОЛЛЕГА!

24–25 мая 1995 г. состоится 2-я Конференция Межрегиональной Ассоциации «Железобетон», посвященная проблеме «Бетоны — состояние и перспективы». Конференция состоится по адресу: 109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., 6, НИИЖБ.
Проезд: м. «Рязанский проспект», далее трол. 63, авт. 143, 169, 160, 29 до остановки «Институт бетона».
Заседания будут проходить в корпусе коррозии НИИЖБ, 4-й этаж, конференц-зал. Начало заседания — 10 часов.
Регистрация — 24 мая 1995 г. с 9.00 часов.
Телефон для справок: (095) 174-88-91, 174-82-91.
Гостиница и билеты (железнодорожные, авиационные) обеспечиваются самими участниками.
Регистрационный взнос за участие в конференции: индивидуальные члены — 9 (девять) тыс.руб., организации — 65 (шестьдесят пять) тыс.руб. Взносы можно направлять на расчетный счет Ассоциации или сдавать в период регистрации.

П Р О Г Р А М М А

2-й МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ АССОЦИАЦИИ «ЖЕЛЕЗОБЕТОН» (24–25 мая 1995 г., г.Москва, НИИЖБ, конференц-зал)

Вступительное слово Президента Ассоциации — Михайлова К.В.
Сообщение о деятельности Ассоциации за 1994–1995 гг. — Маркаров Н.А.
Итоги XII Конгресса ФИП (май 1994 г., Вашингтон, США) — Мамедов Т.И.
Доклады и сообщения (регламент 15–20 мин)

- | | |
|--|--|
| 1. МАЛИНИНА Л.А., д.т.н., проф. | — Состояние и перспективы развития бетоноведения (тяжелого бетона) |
| 2. БАЖЕНОВ Ю.М., д.т.н., проф. | — Бетон XXI века |
| 3. БАТРАКОВ В.Г., д.т.н., проф. | — Модифицированные бетоны — важнейшее направление технического прогресса |
| 4. ЮДОВИЧ Б.Э., к.т.н.
ЭНТИН З.Б., д.т.н.
ЗУБЕХИН С.А. | — Цементы для бетона: современные тенденции и основные перспективы |
| 5. СЕРЫХ Р.Л., д.т.н., проф. | — Новое в стандартизации бетона |
| 6. БАБАЕВ Ш.Т., к.т.н. | — Вяжущие низкой водопотребности и бетоны на их основе |
| 7. ЖУКОВ В.В., д.т.н., проф. | — Жаростойкий бетон и перспективы его применения |
| 8. КРЫЛОВ Б.А., д.т.н., проф. | — Современные взгляды на воздействие отрицательных температур на структуру и свойства бетона |
| 9. СОЛОМАТОВ В.И., д.т.н., проф. | — Биологическое сопротивление бетона |
| 10. КАПРИЕЛОВ С.С., к.т.н. | — Бетоны с использованием ультрадисперсных материалов |
| 11. ДОВЖИК В.Г., к.т.н. | — Проблемы повышения эффективности и качества легких бетонов |
| 12. ЯРМАКОВСКИЙ В.Н. к.т.н. | — Применение отходов промышленности в легких бетонах |
| 13. ЗВЕЗДОВ А.И., к.т.н.
МАРТИРОСОВ Г.М. к.т.н. | — Бетоны с компенсированной усадкой |
| 14. УШЕРОВ-МАРШАК А.В., д.т.н., проф. | — Термодинамические основы химического моделирования в технологии бетона |
| 15. УХОВА Т.А., к.т.н. | — Пути совершенствования чистых бетонов |
| 16. БИКБАУ М.Я., д.т.н. | — Микрокапсулирование в бетонах |
| 17. ЛАГОЙДА А.В. д.т.н., проф. | — Управление структурообразованием бетона в процессе его твердения |
| 18. КОМОХОВ П.Г., д.т.н., проф. | — Проблемы прочности и разрушения бетона |
| 19. ИВАНОВ Ф.М., д.т.н., проф. | — Эксплуатационная пригодность бетона |
| 20. СИЗОВ В.П., д.т.н. | — Новое в проектировании состава бетона |
| 21. ГУЗЕЕВ Е.А., д.т.н., проф. | — Долговечность бетона при техногенных и климатических воздействиях |
| 22. СОЛОВЬЕВ Г.К., к.т.н. | — Полимербетоны и серые бетоны |
| 23. КЛЕВЦОВ В.А., д.т.н., проф. | — Бетоны для массовых конструкций будущего |
| 24. ХАЙДУКОВ Г.К., д.т.н., проф. | — Бетон для тонкостенных и фиброармированных конструкций |
| 25. ОРЕНТЛИХЕР Л.И., д.т.н., проф. | — Технологические приемы повышения качества бетона конструкций |
| 26. РУДЕНКО И.Ф., д.т.н., проф.
ТОЛОРАЯ Д.Ф., к.т.н. | — Требования заводской технологии к свойствам бетонов |
| 27. КОРОЛЕВА Г.П., к.т.н. | — Основы монолитности бетона |
| 28. МАКСИМОВ Ю.В., к.т.н. | — Бетоны для ремонта и восстановления конструкций |
| 29. БОРИСОВ А.Ф., к.т.н.
БУЊКОВ М.М., к.т.н.
ВОЙТОВИЧ В.А., к.т.н. | — Магнезиальные цементы и бетоны |
| 30. БЕДОУСОВ Е.Д., д.т.н., проф. | — Новые методы отделки зданий из бетона |
| 31. ФАЙНЕР М.Ш., к.т.н.
(г.Черновцы) | — Методы ресурсосбережения в технологии бетона |
| 32. СТЕПАНОВА В.Ф., к.т.н. | — Новые материалы для бетона и проблемы его долговечности |

Обсуждение докладов и сообщений. Принятие решений.

Организации или специалисты, желающие вступить в качестве коллективного или индивидуального члена АЖ, могут перевести вступительный взнос в размере: коллективным членам — 100 (сто) тысяч рублей; индивидуальным членам — 5 (пять) тысяч рублей.
Для организаций г. Москвы указанные средства необходимо перевести по адресу: «Содбизнесбанк», Р/счет № 00700717, МФО 44583662, КОД участника Т5.

Для организации из других регионов по адресу: Россия, Москва, «Содбизнесбанк», Р/счет № 00700717, МФО 44583662, КОД участника № 201792, кор. счет банка 662161500.