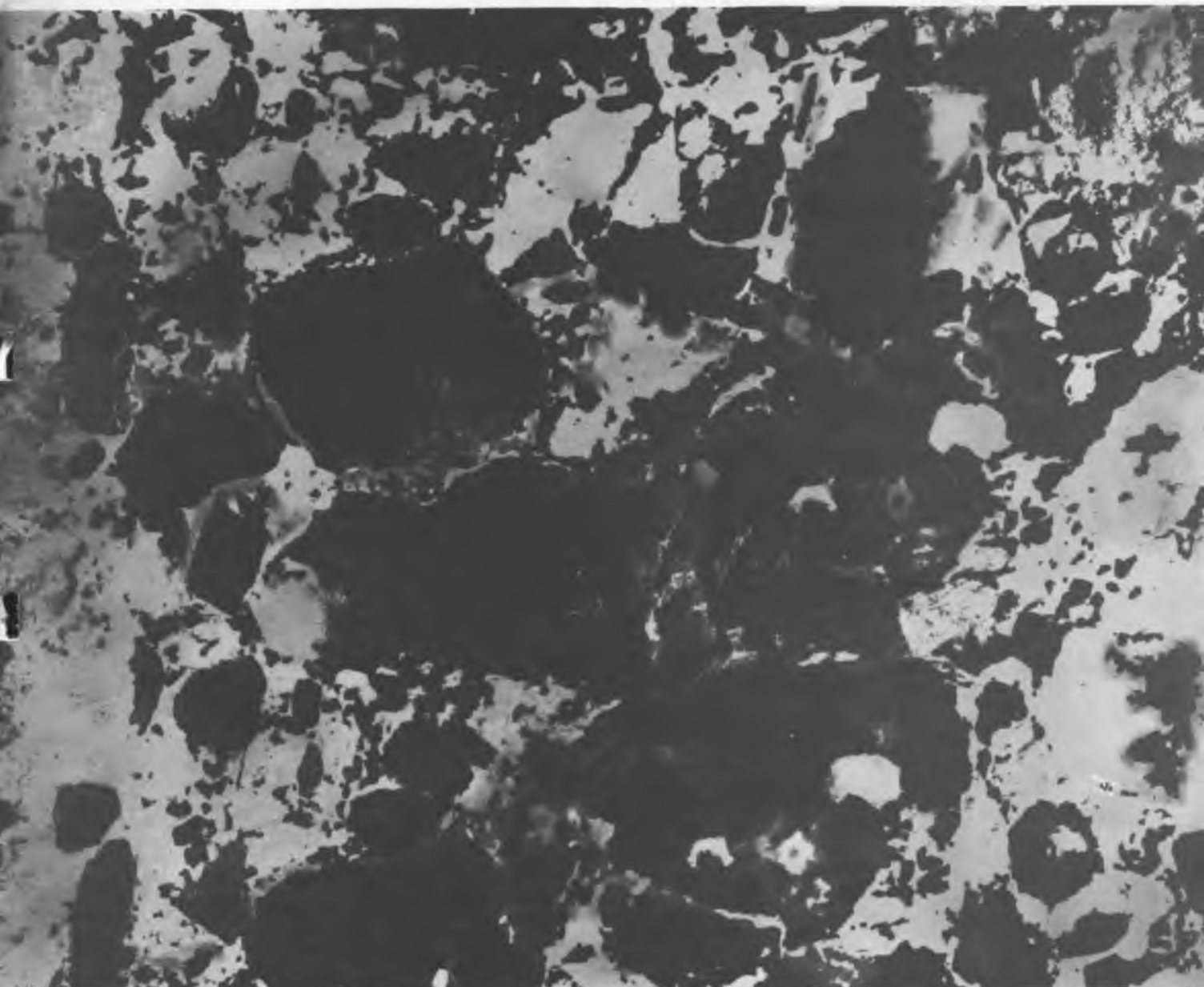


БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

6
2005





НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ИНТЕРПРИБОР

ПРОИЗВОДСТВО И РАЗРАБОТКА СОВРЕМЕННЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПРИБОРОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

☉ **ПУЛЬСАР-1.0/1.1/1.2** - ультразвуковые измерители прочности бетона и строительных материалов (ГОСТ 17624, ГОСТ 24332). Сквозное и поверхностное прозвучивание. Режим измерения глубины трещин (Пульсар-1.1), визуализация и обработка сигналов (Пульсар-1.2).

☉ **ОНИКС-2.51...54** - измерители прочности бетона, в т.ч. легкого (от 0.5 МПа) методами ударного импульса и отскока (ГОСТ 22690). Интеллектуальная обработка результатов измерений. Диапазон 0.5...100 МПа, масса прибора 0.14 кг, датчика 0.12 кг.

☉ **ОНИКС-ОС** - измеритель прочности бетона методом отрыва со скалыванием (ГОСТ 22690). Исключено проскальзывание анкера. Контроль нагружения, автоматическая обработка данных. Диапазон 5...100 МПа, усилие до 50 кН, масса 4 кг.

ИЗМЕРИТЕЛИ ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВАНИЯ И ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЙ

☉ **ПОИСК-2.51...52** - измерители толщины защитного слоя бетона, расположения и диаметра арматуры (ГОСТ 22904). Адаптация к армированию. Диапазоны: Н=5...130 мм, Ø=3...50 мм.

☉ **ИНК-2.41...42** - измерители напряжений в арматуре частотным методом (ГОСТ 22362). Автоматический расчёт удлинения арматуры. Диапазон напряжений 100...2000 МПа, L=3...28 м.

МТП-1 - измеритель толщины теплоизоляционных покрытий стальных труб и величины межосевого смещения (ГОСТ 30732). Диапазон толщин 5...100 мм, смещений 0...20 мм.

ВИБРОАНАЛИЗАТОРЫ, ВИБРОМЕТРЫ, ИЗМЕРИТЕЛИ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ

ВИБРАН-2.0/3.0 - одно- и четырёхканальные виброанализаторы. Диапазон частот 0.5...1000 Гц, 200...2000 линий спектра, октавный анализ.

☉ **ВИСТ-2.41...43** - универсальные виброметры. Диапазон частот 2...1000 Гц, виброскорости 0.02...500 мм/с, виброперемещения 0.002...10 мм.

ИЧСК-1 - измеритель частот собственных колебаний для акустического контроля прочности, твёрдости и выбраковки различных изделий.



ВЛАГОМЕРЫ МАТЕРИАЛОВ

☉ **ВИМС-2.21...23** - универсальные влагомеры: песок, бетон, кирпич (ГОСТ 21718), древесина (ГОСТ 16588) и т.д. (более 30 материалов). Датчики: объёмный, планарный, зондовый.

☉ **ВИМС-2.10...11** - влагомеры древесины (ГОСТ 16588), 16 пород, встроенный датчик. Ввод индивидуальных градуировочных зависимостей на любые материалы пользователя.

☉ **ВИМС-2.12** - влагомеры древесины (ГОСТ 16588), бетона, кирпича (ГОСТ 21718). Встроенный датчик. Предусмотрен ввод индивидуальных градуировочных зависимостей.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

ТЕПЛОГРАФ - прибор для определения сопротивления теплопередаче и мониторинга ограждающих конструкций (ГОСТ 26254), оконных и дверных блоков (ГОСТ 26602.1); 8...128 датчиков теплового потока и температуры.

☉ **МИТ-1** - измеритель теплопроводности материалов методом теплового зонда (ГОСТ 30256). Диапазон 0.03...2 Вт/м К, время измерений 7 мин. Малогабаритный, автономный. Аккумуляторное и сетевое питание.

ИТС-1 - измеритель теплопроводности материалов и термического сопротивления методом стационарного теплового потока (ГОСТ 7076) и теплового зонда. Диапазон 0.02...1.5 Вт/м К. Размеры образца - 150×150 мм.

РЕГИСТРАТОРЫ, РЕГУЛЯТОРЫ, ТЕРМОМЕТРЫ, ТЕРМОГИГРОМЕТРЫ И ДР.

ТЕРЕМ-4 - многопараметрический регистратор. Применения: мониторинг раскрытия трещин и деформаций, тензоизмерения, контроль перемещений, вибраций, температуры, влажности и др. 8...256 каналов, период регистрации 10...1 час.

РТМ-5 - система управления ТВО бетона: 8 каналов, индивидуальные режимы по каждому каналу, журнал пропарки, связь с ПК (RS-485).

ТЕМП-3 - семейство 1...4-канальных приборов для измерения и регистрации температуры среды и поверхности, тепловых потоков, влажности воздуха и скорости воздушных потоков.

☉ **ТЕРЕМ-3** - восьмиканальный регистратор температуры для монолитного бетонирования.

ВДЛ-5.2 - вихревой дефектоскоп металлов

Приборы имеют: легкие и удобные датчики, память результатов с фиксацией условий измерения (вид объекта контроля, его параметры, время, дата), связь с компьютером и специальные программы для их дальнейшей обработки и архивации. Выпускаются в нескольких модификациях, отличающихся набором функций, характеристиками и ценой. Приборы, отмеченные знаком ☉ внесены в Государственный реестр средств измерений РФ и республики Беларусь.

454080, Челябинск-80, а/я 12771
т./ф: (351) 265-56-38, 260-87-42, 262-91-69, 262-91-70
http://www.interpribor.ru E-mail: Info@interpribor.ru

г. Москва НИИЖБ тел.: (095) 174-75-13
(095) 789-28-50
г. Санкт-Петербург тел. (812) 998-45-86
(812) 570-64-96

Издается с апреля 1955 г.

Учредители:
НИИЖБ, ВНИИжелезобетон

СОДЕРЖАНИЕ

<i>ГУСЕВ Б.В.</i> 15 лет плодотворной научно-практической деятельности Российской инженерной академии	2
В ПОМОЩЬ ПРОЕКТИРОВЩИКУ	
<i>СЕМЧЕНКОВ А.С., ДЕМИДОВ А.Р., ЛУГОВОЙ А.В.</i> Диаграммный метод расчета большепролетных многопустотных плит перекрытий	5
БЕТОНЫ	
<i>БИАЦИОЛИ Ф., ВОЛКОВ Ю.С.</i> Готовые бетонные смеси — мировая практика производства и применения	9
АРМАТУРА	
<i>ДЕГТЯРЕВ В.В.</i> Прочность сцепления арматуры периодического профиля с бетонами классов прочности В10-В100	13
В ПОМОЩЬ СТРОИТЕЛЬНЫМ ЛАБОРАТОРИЯМ	
<i>ВАРЛАМОВ А.А., КРУЦИЛЯК Ю.М.</i> Способ оценки напряженно-деформированного состояния бетона эксплуатируемых железобетонных конструкций	18
ТЕОРИЯ	
<u>АЛЕКСАНДРОВСКИЙ С.В.</u> , <i>АЛЕКСАНДРОВСКИЙ В.С.</i> Базовая математическая модель теории промерзания влажных пористых тел	20
ДОЛГОВЕЧНОСТЬ	
<i>ГАРИБОВ Р.Б.</i> Прогнозирование поведения сжатой железобетонной стойки в условиях сульфатной агрессии	22
<i>КРАШЕНИННИКОВ О.Н.</i> Коррозионная стойкость арматуры в шунгизитозолобетоне	26
ИНФОРМАЦИЯ	
НИИЖБ и Ассоциация "Железобетон" сообщают о получении полного текста (на английском языке) Европейских рекомендаций по самоуплотняющемуся бетону. Над рекомендациями работали более 50 экспертов из 12 европейских стран	28
<i>САСОНКО Л.В.</i> Ориентировочный перечень пособий-рекомендаций с примерами расчета, разрабатываемых Ассоциацией "Железобетон" в развитие СНиП 52-01-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции"	29

15 лет плодотворной научно-практической деятельности Российской инженерной академии

Российская инженерная академия (РИА) была создана и зарегистрирована в 1991 г. Она является правопреемницей Инженерной академии СССР, созданной в 1990 г. Академией наук СССР, Государственным комитетом СССР по науке и технике, Научно-промышленным союзом СССР, Союзом научных и инженерных обществ СССР, а также 20 министерствами и госкомитетами СССР. Первым президентом РИА СССР был избран Б. В. Гусев, являющийся и в настоящее время президентом Российской и Международной инженерных академий.

Российская инженерная академия представляет собой авторитетную творческую научно-техническую организацию, располагающую солидным кадровым потенциалом и проводящую активную политику в интересах развития науки и технологий, устойчивого роста отечественного производства.

Академия заслуженно пользуется высокой репутацией среди научной и инженерной общественности в стране и за рубежом. Она была инициатором и организатором проведения Первого съезда инженеров России, который успешно прошел в конце ноября 2003 г. в Государственном Кремлевском дворце.

Главными целями Академии являются: объединение творческих возможностей ученых и инженеров страны, наращивание и эффективное использование интеллектуального потенциала в сфере инженерной деятельности; разработка и содействие в проведении наиболее важных и перспективных исследований и инновационных программ; создание и внедрение на основе достижений фундаментальных наук принципиально новых видов техники, технологий и материалов, имеющих важное народнохозяйственное значение и обеспечивающих ускорение научно-технического прогресса на ключевых направлениях развития экономики России.

В составе РИА трудятся:

♦ 1200 действительных членов и членов-корреспондентов – видных российских ученых, инженеров и организаторов производства, представляющих самые различные направления науки и техники. Среди них свыше 90 % – ученые, имеющие ученые степени и звания, а остальные – специалисты-практики – известные организаторы производства, внесшие значительный вклад в развитие инженерной деятельности. РИА располагает кадрами 3000 академических советников – действующим научно-инженерным резервом Академии. В РИА активную работу ведут 38 членов Российской Академии наук;

♦ 120 научно-технических, исследовательских и производственных коллективов, ОКБ, НИИ, НПО, работающих под научно-методическим руководством академии, и 20 предприятий и организаций, учрежденных РИА;

♦ более чем 1000 коллективных членов – крупней-

ших производственных коллективов, таких как КАМАЗ, АвтоВАЗ, ГАЗ, УралМАШ, Газпром, Адмиралтейские верфи, Балтийский завод, Норильскникель, Липецкий металлургический комбинат, Ижсталь, Росвертол, ВИАМ, Алроса и др.;

♦ развитые региональные инженерно-технические структуры, включающие 54 отделения, филиала и центра в наиболее крупных территориальных научно-производственных комплексах России, расположенных в 47 субъектах России.

Российская инженерная академия, являясь межотраслевой структурой, обеспечивает развитие прикладных наук по 28 секциям, объединяющим 32 инженерных направления. В Академии работают также 15 Советов по межотраслевым проблемам техники, таким как проблемы качества, диагностики, трибологии и триботехники, медицинской техники, инженерного образования и др.

РИА получила государственную аккредитацию в соответствии с Федеральным законом «О науке и государственной научно-технической политике» в 2001 и 2004 гг.

Большое значение для активизации деятельности Академии имело принятие Распоряжения Правительства Российской Федерации в декабре 1995 г. о привлечении РИА к выполнению работ, связанных с разработкой межотраслевых программ и прикладных исследований и проведением технико-экономической экспертизы научно-технических программ и проектов.

Академия, накопившая серьезный опыт совместной деятельности с отраслями народного хозяйства, выполняет исследования и разработки для создания принципиально новых видов техники, технологий и материалов. Несмотря на отсутствие централизованного финансирования, ежегодный объем научно-исследовательских, проектных и других видов работ составляет более 1 млрд. руб. Академией выполнены признанные разработки в области авиации и космоса, транспортных систем, энергетики, машиностроения, строительства и других направлений экономики России.

Общепризнанными являются разработанные и внедренные результаты деятельности РИА, имеющие важное научное и народнохозяйственное значение:

♦ принцип вывода на орбиту спутников с использованием системы «самолет-ракета»;

♦ методы мониторинга окружающей среды с использованием электронной техники;

♦ меры по спасению водных ресурсов России (программа «Большая Волга») и спасению малых рек европейской части России;

♦ новая система для большегрузных перевозок в районах Крайнего Севера – экранопланы;

♦ уникальные очистительные системы, в том числе по биологической очистке;

◆ программа комплексного использования сырья лесных регионов;

◆ новые материалы на основе углеродных и других волокон;

◆ получение впервые в мировой практике тканых материалов с введением в их химический состав тяжелых металлов;

◆ уникальные конструкционные строительные материалы из металлических и железобетонных мембран;

◆ новые энергетические технологии с использованием нетрадиционных источников энергии, в том числе с применением биотехнологии;

◆ новейшие методы биотехнологии в изучении генома человека для целей медицины, агропромышленного комплекса, охраны окружающей среды.

За 15 лет существования членами РИА разработано более 5,5 тыс. образцов новой техники, часть из которых превосходит мировой уровень; созданы принципиально новые технологические процессы, позволяющие существенно повысить эффективность производства и качества продукции.

Членами академии в 1990-2003 гг. получено 17 международных премий и наград, 71 Государственная премия РФ и 253 премии Правительства РФ в области науки и техники, а также 143 медали ВВЦ России. Академией получено большое количество охранных документов на продукты интеллектуальной деятельности, из которых только патенты составляют 2910. 112 членов Академии удостоены государственных наград России, 25 - «Заслуженный деятель науки РФ».

Академия является учредителем 23 отраслевых и региональных журналов и газет. Широко известны журналы: «Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века», «Химическое и нефтегазовое машиностроение», «Информационное общество», «Авиация и космонавтика», «Конверсия и технологии», «Стратегическая стабильность», «Двойные технологии» и другие, а также Инженерная газета («Индустрия»). В 1991 г. при учредительстве РИА создана научно-популярная телевизионная передача «Ноу-хау», которая успешно развивается и регулярно выходит в эфир.

С участием РИА выпущено более 30 томов «Международной инженерной энциклопедии». Членами Академии за последние 15 лет издано более 5000 монографий, учебников и учебных пособий, 7 отраслевых справочников, свыше 45700 публикаций в отечественных и зарубежных периодических изданиях.

Ежегодно РИА и ее секции проводят более 40 общероссийских и международных конгрессов, конференций, симпозиумов и семинаров. Многие из них проводятся систематически, например: Всероссийская конференция «Наукоемкие химические технологии»; международные семинары «Благородные и редкие металлы»; «Проблемы экологии» и др.

Кроме центрального офиса в трехэтажном особняке в Москве, РИА располагает 34 офисами секций и центров в столице и Московской области, а также офисами отделений, филиалов и различных центров Академии, оснащенных оборудованием и приборной базой, в 47 регионах России.

Придавая особое значение деятельности по реали-

зации утвержденных Президентом РФ 30.03.02 г. «Основ политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу», РИА совместно с Международным Конгрессом промышленников и предпринимателей, Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, Российским союзом товаропроизводителей и Российской академией естественных наук учредила Центр инновационно-инвестиционной деятельности (ЦИИД). По инициативе РИА и Международного института Питирима Сорокина - Николая Кондратьева разработаны предложения по первоочередным мерам в области инновационной деятельности, которые направлены в Совет Безопасности РФ. Разработана также методология организации инновационно-технологической экспертизы инвестиционных проектов и проектов критических технологий федерального уровня. Представители РИА неоднократно выступали с конструктивными предложениями на парламентских слушаниях и «круглых столах» в Совете Федерации и Госдуме.

Деятельность РИА неоднократно получала положительные оценки и поддержку высшей научной организации страны – Российской академии наук. Отмечалась активная роль РИА в обеспечении тесного взаимодействия фундаментальной и прикладной науки.

В 1993 г. РИА получила консультативный статус в ЮНИДО (ООН по промышленному развитию). В 1997 г. она включена ЮНЕСКО в число экспертных организаций по новым технологиям в Центральной и Восточной Европе. Руководство РИА активно участвует в деятельности экспертных советов Правительства РФ и Совета Федерации ФС РФ.

Российская инженерная академия в рамках Международной инженерной академии на деле развивает равноправное взаимовыгодное партнерство, ведет большую работу по интеграции усилий и реализации межгосударственных совместных программ, законодательному сближению механизмов научно-инженерной деятельности, сохранению и укреплению единого инженерного и технологического пространства стран СНГ. В состав Международной инженерной академии, кроме РИА, входят и активно работают Национальные инженерные академии СНГ: Армении, Белоруссии, Грузии, Казахстана, Кыргызской Республики, Республики Таджикистан, Украины, а также инженерные академии Сербии, Словении, Черногории и других стран.

РИА – признанный и авторитетный партнер академий и организаций мирового научно-технического сообщества. РИА и МИА имеют развивающиеся связи с инженерными академиями США, Скандинавских стран, государств Восточной Европы, Китая, Японии и других стран. В составе РИА - 87 иностранных членов из 28 стран мира. В рядах МИА более 1300 индивидуальных и 1700 коллективных членов из 40 стран.

Наиболее актуальной проблемой, решаемой в настоящее время РИА, является реализация постановлений Первого съезда инженеров России. Съезд стал важным звеном в повышении творческой активности ученых и инженеров. В ходе подготовки и проведения

съезда был сделан серьезный шаг по консолидации инженерного корпуса на решение насущных стратегических задач, стоящих перед страной. Организаторами съезда выступили Российская и Международная инженерные академии, Российский Союз общественных академий наук, а также ряд ведомств и холдингов.

Предложение о проведении съезда поддержали Президент России и Правительство РФ, а также Российская академия наук, Минпромнауки России, Минэкономразвития России, Минатом России, МЧС России и руководители многих субъектов Федерации. Подготовку съезда инженеров России осуществил Организационный комитет, созданный распоряжением Правительства РФ, что придало съезду государственно-общественный характер. Участники съезда с удовлетворением восприняли содержащуюся в приветствии съезду Президента РФ В.В. Путина высокую оценку многомиллионного высокопрофессионального инженерного корпуса как залога динамичного социально-экономического развития страны.

На пленарном заседании в Государственном Кремлевском дворце приняли участие 5300 чел., среди них – 963 делегата из всех регионов, представляющих более чем десятиmillionный научно-инженерный корпус страны, а также 120 зарубежных гостей из 17 государств. Всего на съезде выступили 165 делегатов и гостей. В рамках съезда проведено около 100 круглых столов и конференций, 34 выставки научно-технических достижений.

Многочисленные отклики и материалы СМИ свидетельствуют, что Первый съезд инженеров России стал важным событием не только для инженерного корпуса, но и для всего российского общества. Съезду предшествовало проведение в 2000-2003 гг. конференций и съездов инженеров в 48 субъектах Федерации и в 2003 г. – съездов в пяти федеральных округах.

На региональных форумах выступили более 35 тысяч научно-инженерных работников. Таким образом, созыв съезда на одном из самых ответственных этапов в жизни страны символизировал поворот внимания общества как на федеральном, так и на региональном уровнях к инженерному корпусу, к проблемам возрождения реального сектора экономики и общественного производства.

В настоящее время активную деятельность по организации выполнения решений съезда осуществляет Высший инженерный совет (ВИС), созданный по решению Первого съезда инженеров России.

Согласно Уставу, ВИС призван выражать интересы инженерного корпуса России, отстаивать приоритеты научно-технического развития в государственной политике и осуществлять меры по консолидации инженерного сообщества на решение приоритетных задач подъема производства страны и субъектов Федерации. Важная роль отводится совету в формировании эффективной национальной инновационной системы, приумножении и реализации интеллектуального потенциала России, а также в повышении статуса и роли инженерного корпуса в жизни страны.

Учредителями ВИС выступили такие авторитетные

общественные структуры и государственные предприятия и организации, как:

Российская инженерная академия, Национальный комитет «Интеллектуальные ресурсы России», Торгово-промышленная палата РФ, ОАО «Газпром», Российский союз промышленников и предпринимателей (работодателей), ОАО «АвтоВАЗ», ФГУП «Адмиралтейские верфи», Российский Союз общественных академий наук, Российская академия естественных наук, Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, Академия наук высшей школы России, Российская Академия космонавтики им. К.Э. Циолковского, Международная академия экономической безопасности, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, ФГУК «Политехнический музей».

Состав ВИС и его комиссий формируется из числа известных ученых и выдающихся деятелей производства, представителей авторитетных общественных объединений, предприятий и организаций различных форм собственности из всех секторов реальной экономики из основных регионов страны. Предусмотрено, что для осуществления своей многогранной деятельности Совет будет создавать комитеты, комиссии, советы, филиалы и представительства, а также будет действовать в организации инженерных советов в федеральных округах и структурах Федерации, а также на крупных и средних предприятиях.

Сопредседателями ВИС избраны С.М. Мионов – председатель Совета Федерации ФС РФ, Б.В. Гусев – президент Российского Союза общественных академий наук и Российской инженерной академии и др.

ВИС приступил к обеспечению конструктивного взаимодействия с федеральными и региональными органами законодательной и исполнительной власти, а также с создаваемой Общественной палатой в целях активного использования интеллектуального потенциала научно-инженерных структур для общественной экспертизы государственных решений в области инженерной деятельности, имеющих общенациональное значение.

Злободневной задачей, решаемой Высшим инженерным советом совместно с Российской инженерной академией, является подготовка Всероссийской конференции «Резервы ускорения экономического роста и удвоения ВВП России», которая будет проводиться в декабре 2005 г. под патронажем Совета Федерации ФС РФ и мэрии Москвы. Ее проведение приурочено к 15-летию РИА. Организационный комитет конференции приступил к разработке проекта рекомендаций, которые после обсуждения на ней будут представлены руководству страны, соответствующим министерствам и ведомствам и лягут в основу многогранной деятельности инженерного сообщества по подъему конкурентоспособности научных и инженерно-технических разработок и продукции российских ученых и специалистов.

Б.В. Гусев, президент Российской инженерной академии, сопредседатель Высшего инженерного совета России

Диаграммный метод расчета большепролетных многопустотных плит перекрытий

При увеличении пролета плит и ограничении их высоты возникает проблема с обеспечением их прочности и особенно деформативности. Поэтому в типовых и усовершенствованных круглопустотных плитах высотой 22 см (рис. 1, а) при пролете более 4,2 м применяют напрягаемую продольную рабочую стержневую арматуру классов Ат-V, А-IV, А-IIIв с передачей усилий на форму, что очень усложняет технологию изготовления плит и удорожает оснастку. Снижение же стоимости за счет использования ненапрягаемой стержневой арматуры несущественно, если она установлена при пролете менее 6 м из условия прочности нормального сечения.

Однако по действующим нормам [1] ненапрягаемую арматуру приходится ставить из условия обеспечения прогибов, что приводит к существенному увеличению расхода продольной арматуры и стоимости плит. Это объясняется тем, что принятый в действующих нормах метод предельных состояний (МПС) для рас-

чета железобетонных конструкций содержит многочисленные эмпирические коэффициенты и зависимости, полученные на основании испытания балок, а не плит. В результате он во многом потерял ясный физический смысл и универсальность, создает трудности при расчете сложных сечений из высокопрочных бетонов и арматурных сталей и дает значительно завышенные прогибы плит с ненапрягаемой арматурой [2].

Поэтому для расчета железобетонных плит при действии изгибающих моментов и продольных сил разработана расчетная модель, основанная на рассмотрении напряженно-деформированного состояния сечения с использованием зависимостей между напряжениями и деформациями материалов. Предлагаемый диаграммный метод (ДМ) позволяет производить расчет элементов любой формы поперечных сечений, при произвольном расположении арматуры в сечении и различных комбинациях внешних усилий [3, 4]. ДМ для расчета элементов по несущей способности и эксплуатационной пригодности включает:

- уравнения равновесия внешних и внутренних сил в нормальном сечении;
- диаграммы состояния бетона и арматуры;
- условие деформирования нормального сечения;
- условия деформирования бетона и арматуры между нормальными трещинами;
- наличие сцепления арматуры с бетоном.

Расчет элементов по ДМ происходит путем разбиения нормального сечения на элементарные участки бетона и арматуры, расположенные по высоте сечения, в пределах которых напряжения и деформации принимаются одинаковыми и равными их значениям в центре тяжести этих участков. При этом сжатая и растянутая зоны элемента разбиваются на различное количество участков в зависимости от вида расчета и требуемой точности. В качестве выбранной оси в общем случае принимается любое ее положение в пределах нормального сечения.

При расчете на прочность и образование трещин следует принимать во внимание то, что деформации сжатого бетона не должны превышать предельных. Распределение деформаций бетона и растянутой арматуры между трещинами принимают равномерным с усредненными на длине участка между трещинами значениями деформаций бетона и арматуры. Средние деформации последних определяют с помощью коэффициентов, учитывающих соотношение средних значений деформаций бетона и арматуры и их значений в сечении с трещиной [3].

Для расчета по нормальным сечениям используют уравнения равновесия моментов и продольных сил от

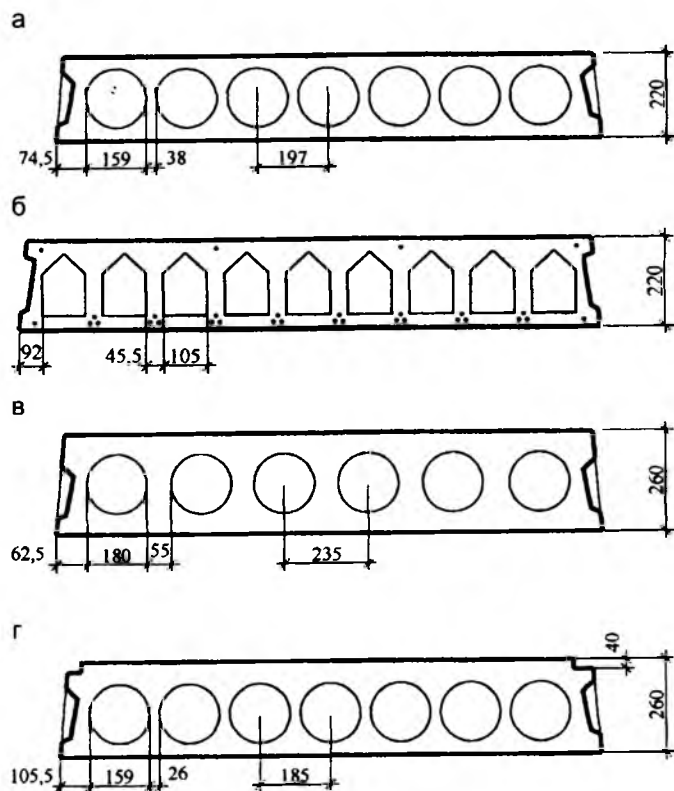


Рис. 1. Поперечные сечения многопустотных плит

а — неразрезная плита; б — плита безопалубочного формования; в — усовершенствованная типовая плита с раздвинутыми пустотами; г — утолщенная типовая плита

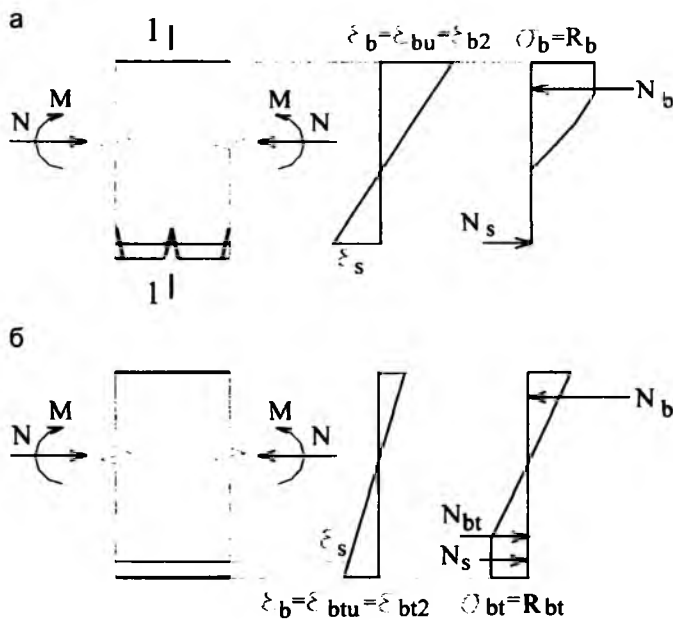


Рис. 2. Схема деформаций, напряжений и усилий в нормальном сечении элемента плиты

а — при расчете по прочности; б — при расчете по образованию трещин; 1-1 — сечение с трещиной

внешних нагрузок и внутренних усилий в бетоне и арматуре, действующих в рассматриваемом нормальном сечении (рис. 2)

$$N = N_{bc} + N_{bt} + \sum N_s; \quad (1)$$

$$M = M_{bc} + M_{bt} + \sum M_s, \quad (2)$$

где N — внешняя продольная сжимающая или растягивающая сила; N_{bc} — равнодействующая усилий в сжатом бетоне; N_{bt} — то же, в растянутом бетоне; N_s — усилие в отдельном стержне арматуры; M — изгибающий момент от внешних нагрузок относительно выбранной оси, проходящей в сечении элемента; M_{bc} — изгибающий момент относительно той же оси от усилия, воспринимаемого сжатым бетоном; M_{bt} — то же, от усилия, воспринимаемого растянутым бетоном; M_s — то же, от усилия, воспринимаемого отдельным стержнем арматуры.

При этом внутренние растягивающие усилия принимают со знаком “плюс”, а сжимающие — со знаком “минус”. Это же правило принимают для деформаций и напряжений, по которым определяют соответствующие усилия.

Для принятой расчетной модели определение напряжений в бетоне целесообразно производить для отдельных волокон (слоев), расположенных по высоте не треснувшей части бетонного сечения. В совокупности они образуют эпюру напряжений, характеризующую равнодействующую усилий в бетоне. В этом случае условия равновесия (1) и (2) могут быть записаны в виде

$$N + \sum_{k=1}^m \sigma_{b,k} \cdot A_{b,k} + \sum_{i=1}^n \sigma_{s,i} \cdot A_{s,i} = 0; \quad (3)$$

$$M + \sum_{k=1}^m \sigma_{b,k} \cdot A_{b,k} \cdot y_{b,k} + \sum_{i=1}^n \sigma_{s,i} \cdot A_{s,i} \cdot y_{s,i} = 0, \quad (4)$$

где $A_{b,k}$ — площадь сечения k -го слоя (участка) бетона; $A_{s,i}$ — площадь сечения i -го стержня арматуры; $y_{b,k}$, $y_{s,i}$ — расстояние от центра тяжести соответственно k -го бетонного участка и i -го стержня арматуры до выбранной оси; $\sigma_{b,k}$, $\sigma_{s,i}$ — напряжения в сечениях соответственно k -го бетонного участка и i -го стержня арматуры.

В качестве условия деформирования нормального сечения принимают распределение продольных деформаций бетона и арматуры по высоте сечения

$$\varepsilon_y = \varepsilon_m + tg\varphi \cdot (y_m - y), \quad (5)$$

где ε_y — деформация бетона и арматуры на расстоянии “ y ” от выбранной оси; ε_m — деформация бетона или арматуры, принятая в качестве исходной, на расстоянии “ y_m ” от той же выбранной оси; φ — угол наклона эпюры деформаций к плоскости поперечного сечения элемента.

Если деформацию ε_m принимать на уровне выбранной оси, а величину $tg\varphi$ представлять как кривизну $1/r$ в рассматриваемом сечении, определяемую по общепринятому правилу (по крайним деформациям бетона),

$$\frac{1}{r} = \frac{\varepsilon_{b,i-1} - \varepsilon_{b,i-m}}{h_\varepsilon}, \quad (6)$$

где h_ε — расстояние между волокнами бетона с деформациями $\varepsilon_{b,i-1}$ и $\varepsilon_{b,i-m}$, то выражение (5) для вычисления деформаций по высоте сечения элемента можно записать в виде

$$\varepsilon_y = \varepsilon_m + \frac{1}{r} y. \quad (7)$$

Распределение деформаций бетона и растянутой арматуры между трещинами принимаем равномерным с усредненным на длине участка между трещинами значениями деформаций бетона и арматуры. Средние деформации бетона ε_{bm} и арматуры ε_{sm} определяем с помощью коэффициентов ψ_b и ψ_s , учитывающих соотношение средних значений деформаций бетона и арматуры и их значения в сечении с трещиной.

Расчет ведется в соответствии с блок-схемой (рис. 3). Для практических расчетов предлагаются (на основе анализа существующих методов расчета) следующие диаграммы состояния бетона при кратковременном действии однократно приложенной нагрузки: криволинейная с ниспадающей ветвью при осевом сжатии, криволинейная трансформированная и упрощенная трехлинейная [3, 4] (рис. 4). Диаграммы состояния сжатого и растянутого бетона приняты одинаковой формы.

Для сравнения влияния формы диаграммы (см. рис. 4) на точность расчетов был выполнен расчет испытанной по балочной схеме 6-метровой плиты БФ (рис. 1, б) из бетона класса В40 с верхней высокопрочной проволокой класса Вр-2 и нижней канатной К-7 под максимальную расчетную нагрузку 1600 кг/м^2 . Результаты расчета с использованием трансформированной диаграммы хорошо согласуются с трехлинейной [4] и с опы-

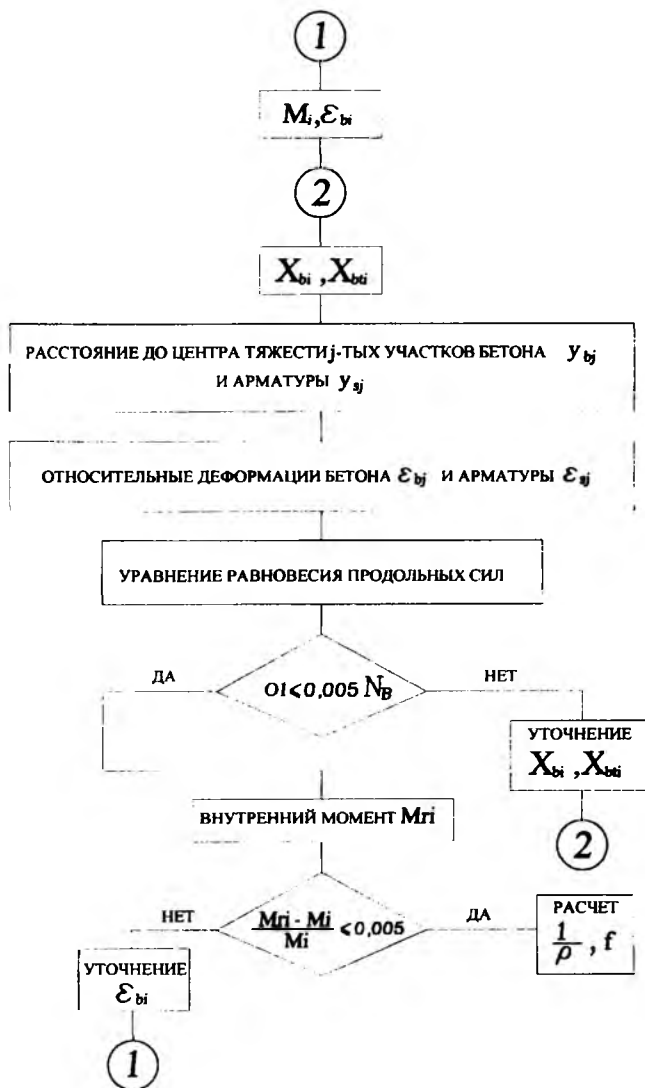


Рис. 3. Блок-схема расчета изгибаемого элемента по деформациям

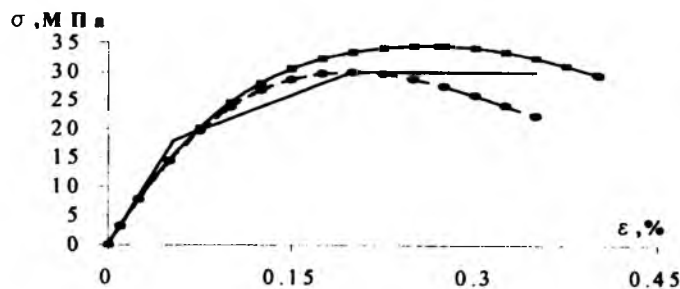


Рис. 4. Диаграммы состояния бетона при кратковременном действии нагрузки

том (рис. 5). При использовании криволинейной диаграммы прочность плиты ниже на 20%. Поэтому для практических расчетов следует использовать криволинейную трансформированную диаграмму [4]. Кривая прогибов плиты на разных уровнях нагружения при применении трансформированной диаграммы совпадает с экспериментальной кривой (см. рис. 5). Результаты расчета прогибов напрягаемых плит по ДМ и МПС совпадают удовлетворительно, что соответствует данным работы [2].

С применением трансформированной криволинейной диаграммы был выполнен расчет напрягаемых плит пролетами 4,2...6,3 м шириной 1,5 м из бетона класса В20 с армированием арматурой класса А-III, установленной из условия обеспечения прочности нормального сечения. Результаты расчетов по ДМ и МПС [1] приведены в таблице.

Из сравнения видно, что значения прочности по обеим методикам практически совпадают, а прогибы от длительно действующей нагрузки (по эстетическим требованиям) по МПС превышают таковые по ДМ в 1,4...1,8 раза. Причем по МПС при пролете 4,2 м они меньше допустимых в 8,3 раза, а при пролете 5,7 м превышают их в 2,06 раза. По ДМ при этом пролете они превышают требуемые всего на 24,6%, что вполне допустимо, учитывая частичное защемление плит на

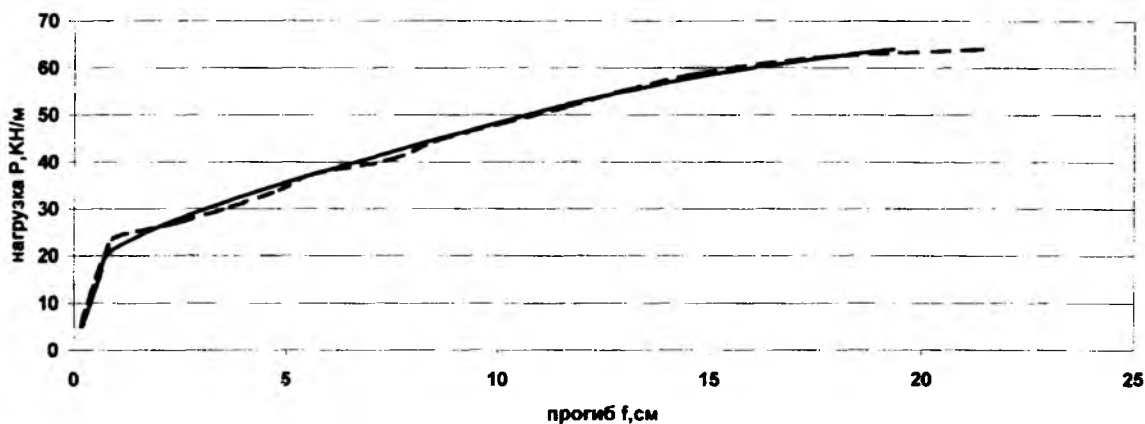


Рис. 5. Экспериментальная и теоретическая диаграммы прогибов в середине пролета плиты БФ
Условные обозначения диаграмм: - - - - - экспериментальная; — — — — — теоретическая

Расчетный пролет, м	Армирование по прочности					Допустимый прогиб, мм	Армирование по прогибам					
	Теоретическая расчетная площадь, см ²	Расчетный момент по прочности, т*м, СНиП	Расчетный момент по прочности, т*м, ДМ	Прогиб по СНиП, мм	Прогиб по ДМ, мм		СНиП			ДМ		
							Расчетная площадь, см ²	Увеличение площади, %	Прогиб, мм	Расчетная площадь, см ²	Увеличение площади, %	Прогиб, мм
4,06	3,059	2,68	2,78	2,9	2,04	24,2	3,059	100	2,90	3,059	100	2,04
4,36	3,552	3,10	3,04	22,4	15,45	25,2	3,552	100	22,4	3,552	100	15,45
4,66	4,019	3,51	3,53	31,5	21	26,2	5,08	126	25,7	4,019	100	21
4,96	4,241	3,69	3,72	41,9	27,4	27,1	6,905	163	26,5	4,241	100	27,4
5,26	4,858	4,21	4,16	50,5	31,5	28	8,21	169	28,1	5,08	105	28,1
5,56	5,449	4,68	4,76	59,3	35,9	28,8	9,678	177	28,9	5,99	110	28,8
5,86	6,04	5,14	5,07	69,2	40,3	29,6	10,87	180	29,5	6,89	114	29,4
6,16	6,929	5,85	5,89	77,3	43,4	30,6	12,824	185	30,5	8,31	120	30,5

опорах и совместную работу в составе перекрытия [5]. Если этого не учитывать, то при пролете более 5,4 м следует устанавливать дополнительную арматуру класса А-III из условия обеспечения прогибов или напрягать эту арматуру. При пролетах более 6 м следует применять высокопрочную арматуру, при пролете 9 м высокопрочной арматуры, установленной из условия прочности, уже недостаточно.

Кроме того, при толщине многопустотных плит 220 мм для пролетов, близких к 9 м, возникает проблема обеспечения физиологического требования по ограничению деформативности плит. Это объясняется тем, что в натурных исследованиях зыбкости плит в составе перекрытия неприятные ощущения возникают уже при перемещениях 0,25 мм [6], что почти в 3 раза меньше допустимой величины (0,7 мм). Поэтому для пролетов 9...12 м в ЦНИИЭП жилища были предложены неразрывные плиты марки 5ПК высотой 26 см с диаметром пустот 180 мм (рис. 1, в) с напрягаемой канатной арматурой. В ЦНИПИ реконструкции увеличение высоты плит 4ПК до 26 см (рис. 1, г) получено за счет наращивания бортов. Двенадцатиметровые разрезные плиты марки 6ПК имеют высоту 30 см, пустоты диаметром 203 мм, а расстояние в осях между пустотами 233 мм. Плиты изготавливаются в металлической оснастке по традиционной технологии.

Степень заземления сборных плит в платформенных и комбинированных стыках мало изучена и при хорошем омоноличивании стыков зависит от толщины стен, длины площадки опирания, величины вертикального давления и количества повторных нагружений. Заземление плит в стены в верхних этажах отсутствует. Поэтому заземление следует учитывать как отрицательный фактор для определения верхней арматуры плит у опор. Уже сейчас можно учитывать опорные моменты, создаваемые арматурными связями, устанавливаемыми между торцами плит как в панельных, так и в каркасных зданиях, и бетоном омоноличивания швов. Испытания [6] показали, что при приварке связей из арматуры А-III диаметром 10...18 мм жесткость омоноличенных стыков достаточна, чтобы связи при пролете плит 5,7 м и более достигали текучести при нагрузках ниже нормативных. Поэтому при определе-

нии прогибов опорные моменты в торцах плит от связей следует задавать как внешнее известное усилие.

Выводы

Численные исследования с использованием ДМ показали:

расчет прогибов плит пролетом 4,2...6,3 м с ненапрягаемой арматурой по нормам дает значения, завышенные в 1,4...1,8 раз;

многопустотные плиты толщиной 22 см можно применять без преднапряжения стержневой арматуры для пролетов до 6 м, а с натяжением арматуры для пролетов до 9 м;

дальнейшее увеличение пролета напрягаемых многопустотных плит возможно за счет неразрезности и/или увеличения высоты плит.

Результаты работы были использованы при создании усовершенствованных конструкций многопустотных плит [5] типовых серий ИИ-04, 1.041.1-2, 1.090.1-1, 1.141-1 с применением ненапрягаемой и напрягаемой арматуры класса А-III.

Библиографический список

1. **СниП 2.03.01-84***. Бетонные и железобетонные конструкции//Госстрой СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. — 88 с.
2. **Залесов А.С., Кодыш Э.Н., Лемыш Л.Л., Никитин И.К.** Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям//М., Стройиздат, 1988.
3. **Залесов А.С., Чистяков Е.А., Ларичева И.Ю.** Деформационная расчетная модель железобетонных элементов при действии изгибающих моментов и продольных сил//Бетон и железобетон. — 1996. — № 5.
4. **Демидов А.Р., Кутовой А.Ф.** Нормирование диаграммы деформирования бетона при неоднородном сжатии//Ученые записки Инженерно-строительного факультета, выпуск 1, Иваново, 1999.
5. **Семченков А.С., Демидов А.Р., Луговой А.В.** Сборные пространственно-деформирующиеся диски перекрытий из беспролетных многопустотных плит//Бетон и железобетон. — 2004. — № 4.
6. **Семченков А.С.** Пространственно-деформирующиеся сборные железобетонные диски перекрытий многоэтажных зданий//Автореф. на соискание уч. степени д-ра техн. наук. — М. — 1992. — 39 с.

Ф.БИАЦИОЛИ, генеральный секретарь ЕРМКО; Ю.С.ВОЛКОВ, канд. техн. наук, зав. отделом НИИЖБ, член комитета ЕРМКО по технологии и окружающей среде, советник РААСН

Готовые бетонные смеси – мировая практика производства и применения

Недавно **Юрий Сергеевич Волков** отметил свое 70-летие. Он окончил с отличием Московский институт инженеров железнодорожного транспорта – МИИТ, факультет «Промышленное и гражданское строительство», получил специальность инженера-строителя. После перехода в научно-исследовательский институт бетона и железобетона (НИИЖБ) занимался проблемами применения железобетона в машиностроении. При его участии был создан ряд машин (станки, прессы, насосное оборудование) с железобетонными станинами, находящиеся в эксплуатации по сей день.

В дальнейшем, после защиты кандидатской диссертации, значительное внимание ученый уделял общим вопросам применения железобетона в строительстве. Совместно с К.В. Михайловым им были подготовлены монографии «Бетон и железобетонные конструкции». Юбиляр имеет более 100 публикаций, в том числе 10 книг и брошюр в соавторстве и самостоятельно по вопросам применения бетона и железобетона в строительстве. Ряд публикаций последних лет посвящен вопросам совершенствования строительного комплекса, как фактора устойчивого его развития, по проблемам технического регулирования в строительстве. Широко освещен и зарубежный опыт.

С участием Ю.С. Волкова по материалам конгрессов ФИП были изданы монографии «Предварительно напряженный железобетон» (1974, 1978, 1982, 1986 гг.), на русский язык он перевел монографию профессора Калифорнийского университета Б.Гервика (США) «Предварительно напряженные железобетоны в строительстве», 335 с, Москва, Стройиздат, 1978.

После энергетического кризиса и скачка цен на нефть возрос интерес к применению железобетона в морских сооружениях, прежде всего для нефтедобывающих платформ. В 1985 г.

в соавторстве с И.И. Рыбаковым юбиляр опубликовал монографию «Сооружения из железобетона для континентального шельфа», 305 с, а до того у него вышли две брошюры по этой же проблеме во ВНИИГазе и ВНИИСе.

Ю.С. Волков привлекался в качестве эксперта к обследованию зданий после Анатолийского землетрясения в Турции, 1999 г. В составе группы авторов при его участии был подготовлен доклад от имени Минстроя России «Сейсмическая безопасность и сейсмостойкое строительство в Российской Федерации», 1996 г.

Он состоял членом технических комитетов комиссий Европейского комитета по бетону – CEB, Международной федерации по железобетону – FIP, Технического комитета Европейской ассоциации по товарному бетону – CIB и в настоящее время является членом Технического комитета Европейской ассоциации по товарному бетону – ERMCO. В 2001 г. его избрали членом-корреспондентом Международной академии инвестиций и экономики строительства МАЭИС, в 2005 г. – советником Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН).

В последнее время Ю.С. Волков много времени уделяет вопросам реорганизации нормативной базы строительства в связи с введением Федерального закона «О техническом регулировании». Им опубликован ряд статей как с критикой отдельных положений Закона, так и по использованию европейской системы стандартов в качестве основы при разработке национальных стандартов и стандартов организаций в области строительства.

Юрий Сергеевич активно сотрудничает с нашим журналом в качестве автора и деятельного члена редколлегии, и редакция от души поздравляет его со славным юбилеем.

Бетон вносит существенный, если не решающий, вклад в создание материальной основы современной цивилизации. Без бетона мир был бы совершенно другим. Несмотря на то, что бетон существует уже много веков, идея централизованного производства бетонной смеси и доставки ее на место применения насчитывает немногим более ста лет. Первоначально это был, используя современную терминологию, коммерческий проект. Однако по мере развития технологии бетона стало ясно, что высококачественный бетон может быть получен только в условиях стационарного произ-

водства при строгом контроле качества составляющих материалов и процессов приготовления смеси.

В монолитном исполнении, а именно для этих целей применяется главным образом готовая бетонная смесь (русский термин – товарный бетон), возводятся промышленные и жилые здания, объекты соцкультбыта, плотины, энергетические комплексы, телебашни и так далее. Самая высокая в мире телебашня возведена из монолитного бетона. Самые высокие здания на всех континентах построены с применением монолитного железобетона в сочетании со сталью, в том числе миро-

вой рекордсмен – небоскреб в Тайбее, высота которого со шпилем более 500 м.

После обрушения в Нью-Йорке в результате пожара стальных каркасов зданий Всемирного торгового центра 11 сентября в целом ряде проектов высотных зданий стальные каркасы были заменены на железобетонные. Согласно евростандарту EN 13501-1, все материалы разбиты на семь групп. Самые устойчивые к огню материалы отнесены к группе А1. Именно в этой группе находится бетон.

Обширной областью применения монолитного бетона являются

Вид строитель-ства	Позиция
Несущие конструкции зданий различного назначения	Доминирующая
Высотные здания	Прогрессирующая
Дороги	Доминирующая
Мосты автодорожные	Доминирующая
Тоннели	Доминирующая
Дамбы, плотины	Доминирующая
Инженерные сети	Средняя
Подземное строительство	Доминирующая
Резервуары	Доминирующая

инженерные сооружения – градирни, трубы, резервуары, защитные оболочки АЭС и т.д. Современные градирни представляют собой внушительные сооружения высотой до 150 м при диаметре основания 120 м. Резервуары для хранения воды, сжиженного газа и т.д. могут достигать объема в несколько сот тысяч кубометров.

За последние полвека бетон уверенно расширяет области своего применения в строительстве, вытесняя другие строительные материалы, прежде всего стальной прокат. Позиции на строительном рынке товарного бетона представлены в таблице.

Индустрия товарного бетона, будучи основной частью реализации практически любого строительного проекта, вызвала необходимость создания специализированных производств различного оборудования: дозаторов, смесителей, автобетоновозов, бетононасосов, различных конструкций опалубки и т.д. Современные бетононасосы позволяют подавать бетонную смесь на высоту нескольких сот метров, емкость бетоновозов достигает многих кубометров.

В области монолитного строительства установлен ряд технологических рекордов. В 1988 г. фундаментная плита здания Messe Turm во Франкфурте была забетонирована за 72 ч. Объем уложенного бетона составил 17 тыс. кубометров. Бетон поставлялся с шести заводов. Для его транспортировки было задействовано 90 автобетоновозов. Темп укладки составлял 240 кубометров в час.

В 1998 г. в Лас Вегасе при воз-

ведении фундаментной плиты гостиной 16 тыс. кубометров бетона было уложено за 24 часа. Темп укладки составлял 670 кубометров в час. При бетонировании фундамента высотных зданий «Федерация» Московского делового центра 9,5 тыс. кубометров бетона было уложено за 39 ч. Темп укладки составил 244 кубометра в час. Следует отметить, что это был бетон класса В50. При бетонировании днищевой части нефтедобывающей платформы общая протяженность одноментно перемещаемой скользящей опалубки достигала 2 км. Опалубка приводилась в движение синхронизированной работой одной тысячи домкратов.

Общемировой объем производства готовых смесей может быть оценен в 2 млрд. кубометров. Более половины этого объема приходится на страны Юго-Восточной Азии, прежде всего Китай, Индию и Японию.

Европейская индустрия товарного бетона насчитывает более 12 тыс. заводов с числом занятых немногим более 70 тыс. человек, т.е. численность персонала на одном заводе составляет 5-6 человек. При годовом производстве товарного бетона 340 млн. кубометров выработка на одного работника составляет около 4,9 тыс. кубометров. В денежном выражении оборот отрасли составляет 15 млрд. долларов. Несмотря на внушительный объем в денежном выражении, по сравнению с другими отраслями стройиндустрии рентабельность производства товарного бетона невысока.

Крупнейшие производители товарного бетона в Европе (млн. м³): Испания – 81, Италия – 73, Германия – 47, Россия – 40, Франция – 35, Великобритания – 22.

Товарный бетон – это местный материал. Среднее расстояние его транспортировки в Европе составляет 10-15 км.

Европейский рынок товарного бетона демонстрирует умеренный рост его производства в течение последних двух лет, примерно пропорционально росту ВВП. В Европе идет укрупнение компаний, производящих цемент и заполнители для бетона, что определяет и процесс укрупнения компаний – производителей товарного бетона. Но этот

процесс, начавшийся в 2001 г., далек от завершения. Даже в таких странах, как Испания, Италия, Германия, где производится значительный объем товарного бетона, малые и средние компании представляют более 50% общего числа игроков на строительном рынке.

Отдельно стоит сказать несколько слов о странах Восточной Европы – новых членах Евросоюза. В этих странах проживает 74 млн. жителей, или 17% общего числа жителей стран ЕС, в то же время их доля в общеевропейском ВВП пока только 4%, а объем строительства – 5%. В странах Восточной Европы промышленность товарного бетона в основном приватизирована. Уровень концентрации производства в разных странах выглядит по-разному. Так, в Чешской Республике 87% объема производства товарного бетона сосредоточено в руках 7 крупных компаний, в Польше – 40% принадлежат 8 компаниям, в основном связанным с крупными европейскими производителями товарного бетона, а в Румынии – только 20%. Владельцами заводов являются как производители цемента (Эстония), так и строительные компании (Сербия, Хорватия). Иными словами, рыночные структуры в этой отрасли пока в стадии становления.

Производство товарного бетона в странах Латинской Америки составляет примерно 50 млн. кубометров. Из них на Бразилию и Мексику приходится более половины этого объема. В Бразилии перспективы расширения применения бетона весьма благоприятны прежде всего в дорожном строительстве (здесь только 9% дорог отвечают стандартам) и в жилищном строительстве. Правительство этой страны разработало амбициозную программу развития жилищного строительства с целью достижения показателя 650 тыс. квартир в год. Одно рабочее место в строительном секторе создает 2,85 рабочих места в смежных отраслях. Основным материалом для реализации программы дорожного и жилищного строительства является бетон.

Весьма впечатляюще выглядит производство товарного бетона в США. Общий объем производства здесь превышает 300 млн. кубометров и, по прогнозу, возрастет к 2008

году до 340 млн. кубометров. В США в этой области насчитывается 2,5 тысячи компаний. Средняя компания имеет в своем распоряжении 11 заводов, 117 автобетоносмесителей (средний возраст автосмесителей – 7 лет). Каждый завод производит ежегодно 44 тыс. кубометров бетона, или 3115 кубометров на одного работника. Средняя стоимость одного кубометра – около 90 долларов, из них стоимость материалов составляет примерно 48 долларов. В структуре затрат на материалы на цемент приходится 47%, заполнители – 42%, добавки – 3,5%. Стоимость доставки составляет в среднем 17% от стоимости кубометра. Американская промышленность товарного бетона заинтересована в применении новейших разработок в своей области. В этих целях ассоциация производителей товарного бетона имеет специальный исследовательский фонд. Размер грантов может достигать 250 тыс. долларов, в зависимости от ценности разработки.

Строительство из монолитного железобетона в Японии обслуживают более чем 5 тыс. заводов товарного бетона средней производительностью до 1000 кубометров в день. Общий объем производства товарного бетона – около 150 млн. кубометров в год. Каждый завод имеет 10-15 бетоновозов.

Повышение качества продукции является обязательным условием завоевания рынка. Национальные ассоциации производителей товарного бетона готовят обширные подборки практических руководств для улучшения качества продукции. Так, американская ассоциация NRMCA предлагает своим членам более 30 подобных публикаций. Повышению качества продукции немало способствует применение информационных технологий для контроля свойств составляющих материалов, их дозирования, процедур перемешивания, выдачи сопроводительной документации и т.д.

Польская ассоциация производителей товарного бетона учредила награды за лучшие архитектурные проекты, осуществленные с применением монолитного железобетона, а также установила знак качества «Добры бетон» для заводов товарного бетона. В прошлом году такой

знак получили 27 заводов товарного бетона, или 4% общего их числа.

Современный завод товарного бетона – это высокоавтоматизированное производство с минимальным количеством обслуживающего персонала, наличием диспетчерской службы и радиосвязи с автобетоновозами и стройплощадками. Уже применяются спутниковые системы управления, которые позволяют получать разнообразную информацию, в том числе топографическую, о местонахождении автомиксера с цветовыми выделениями его состояния: движение в загруженном состоянии, разгрузка, возвращение на завод. Сам автомиксер оборудован датчиками, фиксирующими время доставки, время простоя под разгрузкой, превышение которого оплачивается дополнительно заказчиком, время начала и конца разгрузки, другая информация, в частности температура смеси и т.п.

Все более жесткими становятся требования по защите окружающей среды. За последние сорок лет в Европейском Союзе приняты десятки директив и нормативных документов по защите окружающей среды. Суть требований, содержащихся в этих документах, сводится к необходимости создания безотходных производств с замкнутым технологическим циклом. Если это невозможно, то отходы любого вида должны быть превращены в полуфабрикат для повторного использования. Если и это невозможно, то размещение отходов в окружающую среду должно вестись на платной основе с соблюдением требований по предельно допустимым концентрациям вредных веществ.

Производство бетона это локальный бизнес, и отрицательное влияние на окружающую среду проявляется только в непосредственной близости от завода товарного бетона. В основном это пылевые загрязнения и шум.

Помимо высоких строительных-технических качеств, бетон выгодно отличается от других строительных материалов низкой энергоемкостью и экологической безопасностью для окружающей среды. А эти факторы при выборе строительных материалов для массового строительства уже в ближайшие годы будут определяющими. Производ-

ство бетона не дает вредных отходов (в отличие от производства, например, стали) и в принципе может быть полностью безотходным. Повторной переработке и использованию может быть подвергнута вода, используемая для промывки барабанов и колес автомиксеров, и возвратная бетонная смесь, остающаяся внутри барабанов. В Великобритании уже сейчас 10% всего применяемого заполнителя составляет рециклированный продукт.

Важным инструментом профессионального взаимодействия специалистов отрасли товарного бетона в развитых странах являются научно-производственные ассоциации. Все страны члены ЕС имеют свои национальные ассоциации по товарному бетону, которые представлены в ERMCO – Европейской организации по готовым бетонным смесям (European Organization on Ready Mix Concrete). Задача ERMCO отстаивать интересы компаний – производителей товарного бетона (RMC) на европейском строительном рынке, повышать привлекательность бетона как универсального материала современного строительства. В части защиты окружающей среды ERMCO разработало анкету экологического аудита заводов товарного бетона. Использование этой анкеты позволяет выявить основные источники загрязнения и принять меры по их устранению.

Необходимо сказать несколько слов о европейской системе стандартизации, в том числе в области бетона и железобетона.

Применение стандартов в странах Евросоюза – добровольное, однако есть группа стандартов, выполнение требований которых предполагает одновременно выполнение требований Европейских директив. Директива – это документ, содержащий требования к продукции (для строительной продукции это директива 89/106), обязательные к выполнению всеми странами ЕС.

Три организации ответственны за планирование, разработку и принятие европейских стандартов: Европейский комитет по стандартизации CEN, стандарты которого охватывают все области, кроме электротехники, за которую отвечает CENELEC, и телекоммуникаций, за которую отвечает ETSI. Между CEN

и Международной организацией по стандартизации ISO заключено соглашение о сотрудничестве (Венский протокол).

Комитетом CEN, который ведет разработку стандартов по бетону и сопутствующим материалам (кроме заполнителей), является комитет TC 104. В задачу этого комитета входит разработка стандартов на бетонные смеси и затвердевшие бетоны. Этот комитет состоит из ряда подкомитетов и рабочих групп, которые ведут разработку стандартов на изготовление и транспортировку бетонной смеси, производство бетонных работ (в том числе укладка, уплотнение и уход за бетоном), включая инспекционные и контрольные процедуры, опалубочные работы, ремонт железобетона и другие вопросы. В компетенцию этого комитета входят также стандарты на добавки в бетоны (как химические, так и минеральные) и методы их испытания.

Следует отметить, что в Европе в настоящее время 60-80% объема бетона для монолитного строительства изготавливается с добавками, а для сборного железобетона – 100%. На материалы разработаны стандарты на общие технические требования и на методы испытаний.

ERMCO поддерживает тесные контакты с CEN. Ряд специалистов экотехнического комитета ERMCO работает в комитетах CEN как представители своих стран. Таким образом, в совокупности ERMCO представлено в следующих комитетах и рабочих группах CEN: TC 51 «Цемент и строительная известь»; TC 104 «Бетон», включая рабочие группы по методам испытаний, оценке прочности бетона в конструкции, требованиям к бетону, контактирующему с питьевой водой, проектированию составов с учетом долговечности, производству бетонных работ, применению золы, фибробетону и другие; TC 154 «Заполнители»; TC 229 «Сборный железобетон»; TC 250 «Еврокод 01», в частности Еврокод-2, касающийся расчета железобетонных конструкций.

Вехой дальнейшего прогресса бетона как строительного материала явилось принятие европейского стандарта EN 206-1 «Бетон. Технические требования». Стандарт устанавливает рекомендации по обеспечению долговечности бетона, с уче-

том различных сред эксплуатации. Параметрический ряд бетонов включает наибольший класс по прочности на сжатие - 115 для обычного бетона и 88 – для легкого бетона. Классы по прочности, определенные EN 206-1, являются основой расчета железобетонных конструкций по EN 1992-1-1.

Классы сред эксплуатации, указанные в EN 206-1, приведены полностью в нормах Еврокод-2 (EN 1992-1-1) по расчету железобетонных конструкций (табл. 4.1. EN 1992-1-1). Эти классы перекрывают широкий диапазон начиная от воздушно-сухой среды и кончая воздействием замораживания-оттаивания в сочетании с солями.

Евростандарт EN 206-1 содержит требования к бетону, производимому на стройплощадке, на заводах товарного бетона, на заводах сборного железобетона и предназначенному для изготовления монолитных и сборных бетонных и железобетонных конструкций, в том числе с предварительным натяжением арматуры. Данный евростандарт содержит следующие разделы:

- требования к классификации сред эксплуатации;
- составляющие бетонной смеси;
- классификация характеристик бетона и железобетонных конструкций;
- требования к процедурам производственного контроля;
- критерии соответствия заявленным требованиям, а также пакет различных приложений.

Состав бетона с учетом сред эксплуатации должен быть рассчитан и подобран таким образом, чтобы обеспечить долговечность конструкций не ниже 50 лет.

Основная концепция стандарта это обеспечение поставки бетона требуемого качества как на стадии транспортировки и укладки, так и в затвердевшем виде. Положения стандарта в части управления качеством продукции основаны на подходах стандартов ИСО серии 9000 и 14000. Будучи общеевропейским стандартом, EN 206-1 позволяет решать целый ряд вопросов исходя из национальных особенностей производства.

Стандарт EN 206-1 принят в большинстве стран Европы, в том

числе странами Восточной Европы. Так, в Польше этот стандарт заменил сразу 8 действовавших ранее стандартов. Этот стандарт принят за основу при разработке соответствующих стандартов серии ИСО.

Бетон, как строительный материал, за последнее время подвергся существенным прогрессивным изменениям. Смело можно говорить даже о технологической революции в этой области. Появились суперпрочные бетоны, самоуплотняющиеся бетоны, широкий спектр специальных бетонов.

Потребителя интересует, как правило, не только технологические характеристики готовых бетонных смесей. Важным фактором является его уверенность в том, что свойства бетона подходят для объекта, который он строит. Поэтому достаточно сильным рыночным ходом могла бы стать рекламная специализация производственных компаний бетонов по видам строительства, например: «бетон для фундаментов и подземных сооружений», «бетон для высотного строительства», «бетон для пролетных строений мостов» и т.д.

Классик бетоноведения Адам Невилл сказал в 1999 г. «Проектировщики знают о бетоне сейчас меньше, чем 20 лет тому назад». От проектировщика сейчас требуется обстоятельное понимание технологических и конструктивных свойств современных бетонов. Не случайно Евростандарт EN13670 «Возведение железобетонных конструкций» содержит в виде приложения обширную таблицу характеристик, параметров и требований к материалам, которые должны быть указаны в проекте на здание и сооружение из железобетона.

Россия активно идет по пути интеграции с европейской экономикой. Нет сомнения, что пересмотр и разработка новых стандартов по бетону и железобетону, в том числе таких как ГОСТ 26633, ГОСТ 10180, ГОСТ 7473, ГОСТ 18105 и других, должна вестись на базе использования международных стандартов, прежде всего стандартов CEN. Для этого есть и юридическая основа, поскольку с 1 января 2005 г. подписано соглашение о партнерстве между CEN и «Ростехрегулирование», которое предполагает исполь-

зование СЕН как основы для разработки национальных стандартов.

Имея абсолютное доминирование по объемам применения, ассоциации по цементу и бетону уступают другим организациям по строительным материалам в части маркетинговой активности. Например, Международная ассоциация по стали задействовала специальную программу по увеличению на 10% применения стали в строительстве в течение ближайших пяти лет. Такая же политика должна проводиться ERMCO совместно с другими европейскими организациями по бетону и железобетону, прежде всего с CEMBUREAU, BIBM, EFCA. Для этих целей в 2004 г. создан координационный совет из представителей этих организаций. Разработана программа развития бетона и железобетона на ближайшую перспективу.

Одной из задач является проведение совместного конгресса этих организаций. На нем безусловно пройдет обсуждение мер по усилению позиций бетона и железобетона на строительном рынке. Другими темами могли бы стать проблемы административного и технического регулирования строительной деятельности. Важными составляющими такого конгресса будут специализированные сессии по направлениям деятельности каждой из ассоциаций.

Представители других международных организаций по бетону и железобетону и их национальных комитетов также приглашаются к сотрудничеству.

Помимо таких глобальных новых мероприятий, будет продолжена практика проведения традиционных конгрессов международных организаций по бетону и железобе-

тону. ERMCO намечает свой очередной конгресс в 2007 г. в Севилье, а BIBM – в 2008 г. в Вене. В октябре 2006 г. CEMBUREAU проведет Международный симпозиум по дорогам с цементобетонными покрытиями.

Конгресс в Севилье в 2007 г. планируется как совместный конгресс нескольких международных ассоциаций по товарному бетону: Европейской – ERMCO, Латиноамериканской – FIHP, Североамериканской – NRMCA. В конгрессе намечено участие представителей стран Азии и Австралии. Иными словами, это будет всемирное мероприятие.

Пользуясь случаем, приглашаю российских специалистов принимать самое активное участие в упомянутых мероприятиях, что послужит дальнейшему расширению профессиональных контактов в области бетона и железобетона.

АРМАТУРА

В.В.ДЕГТЯРЁВ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Прочность сцепления арматуры периодического профиля с бетонами классов прочности В10-В100

Основной характеристикой, определяющей длину анкеровки (нахлестки) арматурных стержней, наряду с пределом текучести (расчетным сопротивлением растяжению) и диаметром арматуры, является прочность сцепления (расчетное сопротивление сцепления) арматуры с бетоном. Прочность сцепления в железобетонных конструкциях определяется в основном прочностью бетона, типом арматурного стержня и характеристиками конструкции, такими как: толщина защитного слоя бетона, расстояние между заанкерованными (соединенными внахлестку) арматурными стержнями и количество поперечной арматуры в пределах длины анкеровки (нахлестки). Эти факторы учитываются в формулах, предложенных в работах [11, 13, 15], а также в иностранных нормах проектирования [5, 7, 14]. К сожалению, ни ранее действовавшие [3], ни вновь разработанные [4] российские нормы проектирования при определении длины анкеровки (нахлестки) не учитывают вышеназванных конструктивных факторов.

В работе [1], на основе анализа опытных данных, были предложены формулы для определения средней прочности сцепления и расчетного сопротивления сцеп-

ления растянутой арматуры периодического профиля с бетонами классов прочности не более В60, учитывающие, наряду с прочностными характеристиками бетона и арматуры, толщину защитного слоя бетона, расстояние между стержнями, количество поперечной арматуры в пределах длины анкеровки (нахлестки) и относительную площадь поперечных ребер арматурных стержней:

$$u_{pr} = \eta_1 \eta_2 k_c k_{tr} R_{bt}, \quad (1)$$

где $\eta_1=3,807$ – для анкеровки; $\eta_1=3,255$ – для 100% соединенных внахлестку стержней в одном сечении; $\eta_2=1,0$ – при $d_s \leq 32$ мм; $\eta_2 = 0,9$ – при $d_s > 32$ мм $k_c = 0,75 + 0,25c/d_s \leq 1,4$; $k_{tr} = 1 + 46,19[A_t/(A_s s)](37,9f_r - 1,12) \leq 1,75$

$$R_{bond,pr} = \eta_1 \eta_2 k_c k_{tr} R_{bt} \quad (2)$$

$\eta_1=2,1$ – для анкеровки; $\eta_1=1,6$ – для 100% соединенных внахлестку стержней в одном сечении; η_2, k_c, k_{tr} – как в формуле (1).

Характеристика базы данных БД 1

Соединения внахлестку	$N_{\text{общ}}^1$	$N_{\text{впб}}^2$	R_{15} , Н/мм ²	d_s , мм	l/d_s^3	f_r	c/d_s	σ_T ($\sigma_{0,2}$), Н/мм ²
без поперечной арматуры	231/90 ⁴	55/29 ⁴	22-130	10-36	9-80	0,059-0,140	0,51-3,15	345-682
с поперечной арматурой	275/158 ⁴	42/33 ⁴	15-133	12-36	7-41	0,065-0,140	0,39-3,50	413-842

Примечания: 1. $N_{\text{общ}}$ – общее количество результатов испытаний; 2. $N_{\text{впб}}$ – количество результатов испытаний образцов из высокопрочного бетона (класс бетона >B60); 3. l/d_s – относительная длина нахлестки; 4. В числителе указано количество образцов с несообщаемым (неизвестным) значением f_r (в этом случае для сравнения опыта с расчетом f_r принималось равным 0,0727, т.к. согласно [14], – это среднее значение f_r арматуры периодического профиля, производимой в США), в знаменателе – с сообщаемым (известным) значением f_r .

В формулах (1) и (2): u_{pr} и $R_{bond,pr}$ – соответственно средняя прочность и расчетное сопротивление сцепления, Н/мм²; η_1 и η_2 – коэффициенты, учитывающие соответственно влияние вида поверхности и диаметра арматуры; R_{bt} – расчетное сопротивление бетона осевому растяжению, Н/мм²; k_c – коэффициент, учитывающий толщину защитного слоя и расстояние между стержнями; k_{tr} – коэффициент, учитывающий количество поперечной арматуры на длине анкеровки (нахлестки) и относительную площадь поперечных ребер f_r стержней; c – минимальное из значений толщины защитного слоя и половины расстояния в свету между стержнями, мм; A_t и A_s – площади поперечного сечения соответственно поперечной арматуры в зоне анкеровки (нахлестки) и заанкерowanego или соединенного внахлестку стержня, мм²; s – шаг поперечной арматуры, мм.

В настоящее время в России начинают применяться бетоны классов прочности более В60, поэтому необходимо знать, в частности, как определять прочность сцепления и расчетное сопротивление сцепления арматуры периодического профиля с такими бетонами.

Целью настоящей работы было получение формулы для определения средней прочности сцепления и расчетного сопротивления сцепления растянутой арматуры периодического профиля с бетонами классов прочности от В10 до В100.

В настоящей работе для подбора формул для определения средней прочности сцепления и расчетного сопротивления сцепления, как и в работе [1], была использована база данных результатов экспериментальных исследований Комитета 408 Американского института бетона (ACI) (Database 10-2001) [6], предоставленная руководителем этого комитета Дэвидом Дарвином (David Darwin). К базе данных Database 10-2001 были добавлены результаты более поздних исследований [2] и исключены результаты испытаний, в которых арматурные стержни при разрушении опытных образцов достигали предела текучести. В итоге была получена база данных БД 1, в которую вошли результаты испытаний железобетонных балок, армированных соединенными внахлестку стержнями. Характеристики базы данных БД 1 приведены в табл. 1.

На первом этапе была проверена применимость формулы (1) для определения прочности сцепления растянутой арматуры периодического профиля с бетонами классов прочности до В100. Расчетное сопротив-

ление бетона осевому растяжению определялось по формуле $R_{bf}=0,12B^{2/3}$ (B – класс бетона). На рис. 1 приведена зависимость отношения u_{test}/u_{pr} (u_{test} – прочность сцепления из опыта) от класса бетона для образцов, армированных стержнями, соединенными внахлестку.

Эта зависимость показывает, что формула (1) может применяться для определения прочности сцепления арматуры с бетонами классов прочности не более В60. Для более прочных бетонов (В60-В100) формула (1) переоценивает прочность сцепления. То есть можно говорить о том, что для бетонов классов прочности до В60 прочность сцепления пропорциональна прочности бетона при растяжении (расчетному сопротивлению) (согласно формуле (1)), а для более прочных бетонов эта пропорциональность нарушается, и прочность сцепления, видимо, пропорциональна R_{bf}^p , где $p < 1$.

На следующем этапе был проведен регрессионный анализ результатов испытаний БД 1. Последовательность анализа была точно такой же, как в работе [1], т.е. сначала из рассмотрения результатов испытаний образцов без поперечной арматуры в пределах длины нахлестки определялись значения коэффициентов η_1 , k_c и p . Затем из рассмотрения элементов с поперечной арматурой определялось значение коэффициента k_{tr} . В результате были получены формулы для определения средней прочности сцепления растянутой соединенной внахлестку (100% стержней в одном сечении) арматуры периодического профиля с бетонами классов прочности от В10 до В100:

$$u_{pr,B100} = \eta_1 \eta_2 k_c k_{tr} R_{bt}^{0,5} \quad (3)$$

$$\eta_1 = 3,452;$$

$$\eta_2 = 1,0 \text{ – при } d_s \leq 32 \text{ мм; } \eta_2 = 0,9 \text{ – при } d_s > 32 \text{ мм}$$

$$k_c = 0,75 + 0,25c/d_s \leq 1,4;$$

$$k_{tr} = 1 + 63[A_t/(A_s s)](22f_r - 0,232) \leq 1,6$$

Сравнивая (1) и (3), отметим, что добавление к базе данных результатов испытаний железобетонных элементов из бетонов классов прочности более В60 привело к снижению степени при расчетном сопротивлении бетона на растяжению. То есть прочность сцепления арматуры периодического профиля с бетонами классов В10-

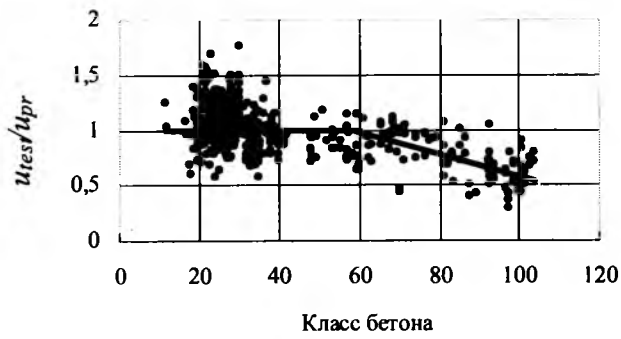


Рис.1. Зависимость u_{test}/u_{pr} от класса бетона

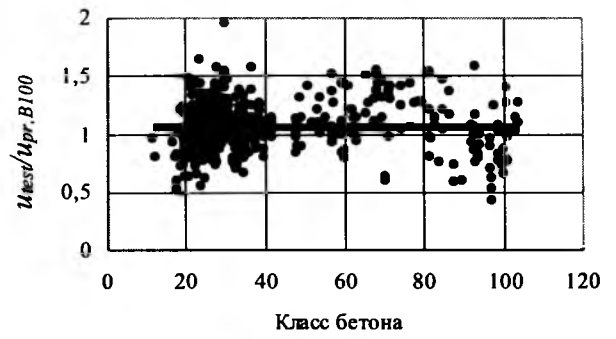


Рис.2. Зависимость $u_{test}/u_{pr,B100}$ от класса бетона

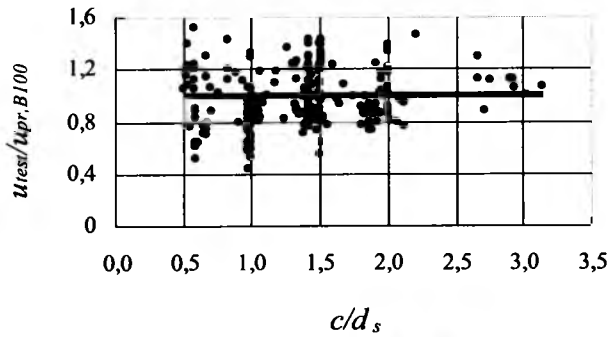


Рис. 3. Зависимость $u_{test}/u_{pr,B100}$ от c/d_s для образцов с соединениями внахлестку без поперечной арматуры

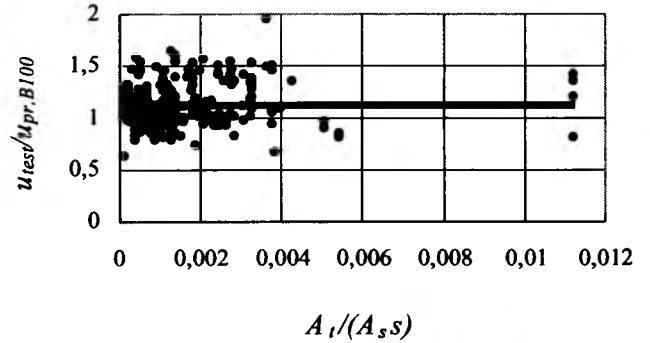


Рис. 4. Зависимость $u_{test}/u_{pr,B100}$ от $A_l/(A_s,s)$

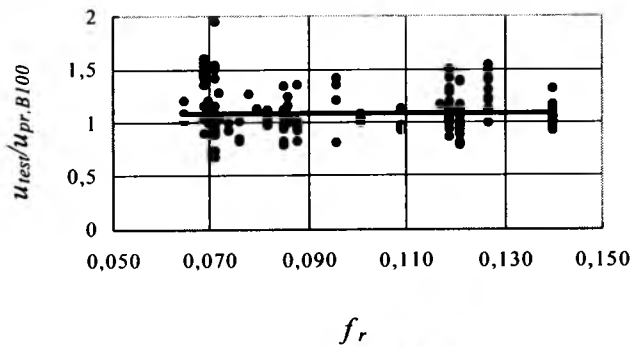


Рис. 5. Зависимость $u_{test}/u_{pr,B100}$ от f_r для образцов с соединениями внахлестку с поперечной арматурой

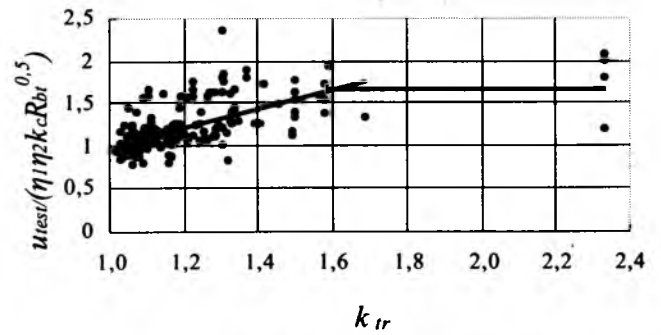


Рис. 6. Зависимость $u_{test}/(\eta_1\eta_2k_cR_{bt}^{0,5})$ от k_{tr}

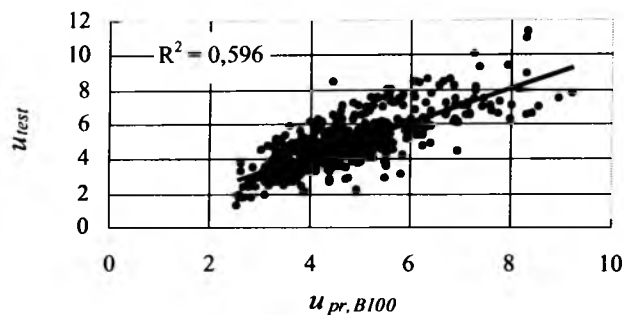


Рис.7. Зависимость u_{test} от $u_{pr,B100}$

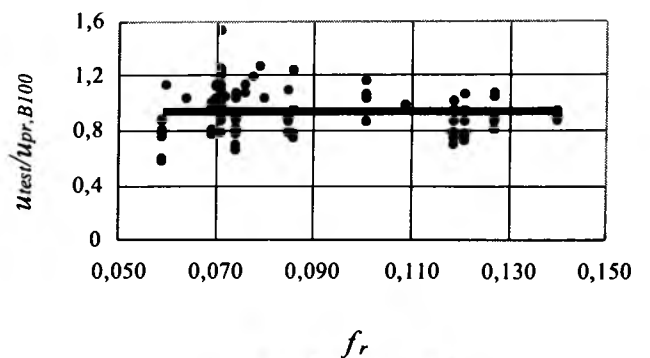


Рис. 8. Зависимость $u_{test}/u_{pr,B100}$ от f_r для образцов с соединениями внахлестку без поперечной арматуры

B100 характеризуется $R_{bt}^{0,5}$, что указывает на более медленный рост прочности сцепления по сравнению с прочностью бетона при растяжении. Подобные результаты были получены ранее в работе [10]. Отметим также, что значение коэффициента k_c в (3) осталось таким же, как и в (1), а значение коэффициента k_{tr} было откорректировано.

Зависимость $u_{test}/u_{pr,B100}$ от класса бетона, приведенная на рис. 2, показывает корректный учет выражением (3) прочности бетона при определении прочности сцепления.

На рис. 3-5 приведены зависимости $u_{test}/u_{pr,B100}$ от c/d_s , $A_t/(A_s s)$ и f_r показывающие корректный учет коэффициентами k_c и k_{tr} толщины защитного слоя бетона, расстояния между соседними соединениями внахлестку, количества поперечной арматуры в пределах соединения внахлестку и относительной площади поперечных ребер арматурных стержней.

Необходимость ограничения коэффициента k_c значением 1,4 была показана в работе [1], а необходимость ограничения коэффициента k_{tr} значением 1,6 показана на рис. 6.

На рис. 7 представлена зависимость u_{test} от $u_{pr,B100}$ для всех (506) образцов БД 1, показывающая удовлетворительную сходимость расчета с опытом (коэффициент корреляции $\approx 0,6$).

В работах [8, 9] было показано, что при отсутствии в пределах длины анкеровки (нахлестки) поперечной арматуры, изменение f_r от 0,05 до 0,14 не приводит к изменению прочности сцепления при практически встречающихся толщинах защитного слоя бетона (до $3d_s$). В работе [1] показано, что при увеличении f_r от 0,1 до 0,14 может происходить даже снижение прочности сцепления. Это объясняется тем, что большая величина f_r позволяет развивать на поверхности контакта арматуры с бетоном большие касательные напряжения (напряжения сцепления), что в свою очередь приводит к большим напряжениям распора, которым, при отсутствии поперечной арматуры, защитный слой сопротивляться не может и происходит его раскалывание с практически мгновенной потерей несущей способности анкеровки (соединения внахлестку). То есть для получения большей прочности сцепления и, следовательно, меньшей длины анкеровки (нахлестки) с увеличением f_r необходима постановка поперечной арматуры в пределах длины анкеровки (нахлестки). Причем для получения большего эффекта от повышения f_r необходима постановка большего количества поперечной арматуры.

Проведенный в настоящей работе анализ экспериментальных данных подтвердил вышесказанное. На рис. 8 приведена зависимость $u_{test}/u_{pr,B100}$ для образцов без поперечной арматуры в пределах длины нахлестки, показывающая независимость прочности сцепления от f_r , изменяющейся от 0,059 до 0,14, при отсутствии поперечного армирования. Выражение коэффициента k_{tr} в формулах (3) говорит о том, что максимальное увеличение прочности сцепления (уменьшение длины нахлестки) при увеличении f_r от 0,056 до 0,1 составляет 22 % при значении коэффициента $A_t/(A_s s)=0,005$ (1/мм), и лишь 0,6 % – при $A_t/(A_s s)=0,0001$ (1/мм). Отметим, что подобные величины были ранее упомянуты в работе [9].

Для получения формул для вычисления расчетного сопротивления сцепления правая часть выражения (3) должна быть разделена на коэффициент надежности $\gamma_{bond} > 1$. Для определения коэффициента надежности было рассмотрено распределение значений $u_{test}/u_{pr,B100}$ всех (506) результатов экспериментов. Было получено, что наилучшим образом опытное распределение $u_{test}/u_{pr,B100}$ описывает логнормальное распределение с функцией плотности распределения

$$f(u_{test}/u_{pr,B100}) = \frac{1,965}{u_{test}/u_{pr,B100}} e^{-12,133(\ln(u_{test}/u_{pr,B100})+0,014)^2}$$

Из решения уравнения

$$\int_x^{\infty} \frac{1,965}{u_{test}/u_{pr,B100}} e^{-12,133(\ln(u_{test}/u_{pr,B100})+0,014)^2}$$

$$d u_{test}/u_{pr,B100} = 0,999$$

было определено значение $x=[u_{test}/u_{pr,B100}]_{0,999}$, соответствующее обеспеченности 0,999, после чего было определено значение коэффициента надежности $\gamma_{bond}=1/[u_{test}/u_{pr,B100}]_{0,999}=1,9$.

В результате были получены выражения для определения расчетного сопротивления сцепления при соединении 100 % растянутых стержней периодического профиля внахлестку в одном сечении:

$$R_{bond,B100} = \eta_1 \eta_2 k_c k_{tr} R_{bt}^{0,5} \quad (4)$$

$$\eta_1 = 1,8;$$

$$\eta_2 = 1,0 \text{ – при } d_s \leq 32 \text{ мм; } \eta_2 = 0,9 \text{ – при } d_s > 32 \text{ мм}$$

$$k_c = 0,75 + 0,25c/d_s \leq 1,4;$$

$$k_{tr} = 1 + 63[A_t/(A_s s)](22f_r - 0,232) \leq 1,6$$

В работе [1] было показано, что при прочих равных условиях расчетное сопротивление сцепления при анкеровке растянутых стержней периодического профиля в 1,3 раза превышает расчетное сопротивление сцепления при соединении их внахлестку. Поэтому с высокой степенью вероятности можно предположить, что значение коэффициента η_1 для определения расчетного сопротивления сцепления заанкерowanych стержней равно 2,3.

Корректное сравнение расчетного сопротивления сцепления может проводиться только с результатами испытаний образцов, отвечающих конструктивным требованиям нормативных документов. Поэтому для сравнения $R_{bond,B100}$ по формуле (4) с опытными данными использовалась база данных БД 2, полученная следующим образом. К Database 10-2001 были добавлены результаты исследований [2, 12], затем из полученной базы данных были исключены результаты испытаний образцов, в которых напряжения в арматуре достигали предела текучести, и характеристики которых не отвечали следующим конструктивным требованиям [4]: $c \geq d_s$; $l \geq 15d_s$; 200 мм – для анкеровки и $l \geq 20d_s$; 250 мм – для нахлестки. БД 2 содержала результаты ис-

Таблица 2

Отношение прочности сцепления из опыта к расчетной прочности сцепления

	Расчетные формулы или нормативный документ				
	(4)	(2) с ограничением R_{bt}	[4] с ограничением R_{bt}	[14]	[5]
Среднее	1,778	1,903	2,786	1,887	1,558
Минимум	1,018	1,014	1,114	0,912	0,721
Максимум	2,643	3,018	7,496	3,309	2,776
Стандарт	0,302	0,350	0,846	0,424	0,324
Коэффициент вариации	0,170	0,184	0,304	0,225	0,208
Количество опытов	258	258	258	258	258
Коэффициент корреляции	0,597	0,583	0,090	0,407	0,531

пытаний 258 образцов (30 и 100 – анкеровка и нахлестка без поперечной арматуры; 9 и 119 – анкеровка и нахлестка с поперечной арматурой).

Кроме этого, было проведено сравнение u_{test} из БД 2 с R_{bond} по [4] и $R_{bond,pr}$ по (2) при ограничении в последних R_{bt} значением 1,8 Н/мм² (соответствует бетону класса В60 по [4]), а также с прочностью сцепления, получаемой согласно [5] и [14]. Сравнение u_{test} с R_{bond} по [4] и $R_{bond,pr}$ по (2) при ограничении R_{bt} было проведено по причине того, что в иностранных нормах проектирования железобетонных конструкций существует два подхода к определению расчетного сопротивления сцепления или длины анкеровки (нахлестки) арматуры с высокопрочным бетоном. Согласно первому подходу, при определении расчетного сопротивления сцепления [14] или длины анкеровки (нахлестки) [5] используются формулы, полученные для обычного бетона, но расчетное сопротивление бетона растяжению [14] или квадратный корень из нормативной цилиндрической прочности бетона на сжатие $\sqrt{f'_c}$ [5] ограничиваются величинами соответственно 2,07 Н/мм² или 8,3 Н/мм². Согласно второму подходу, прочность бетона не ограничивается, а для определения длины анкеровки (нахлестки) применяются формулы, полученные для обычного и высокопрочного бетона [7].

Можно говорить о том, что полученные выражения (4) отвечают второму подходу, а ограничение расчетного сопротивления бетона растяжению при определении R_{bond} по [4] и $R_{bond,pr}$ по (2) – первому подходу.

Результаты сравнения, приведенные в табл. 2, показывают, что предлагаемая формула (4) даёт более низкое значение коэффициента вариации и более высокое значение коэффициента корреляции между опытными и расчетными величинами по сравнению с формулой (2), а также формулами нормативных документов [4, 5, 14]. Формула (2) при ограничении расчетного сопротивления бетона растяжению значением 1,8 Н/мм² также может использоваться для определения расчетного сопротивления сцепления арматуры с бетонами

классов прочности до В100, но приводит к несколько худшим, по сравнению с (4), статистическим характеристикам. К сожалению, ограниченный объем статьи не позволяет привести результаты сравнения опыта с расчетом отдельно для анкеровки и нахлестки при отсутствии и наличии поперечной арматуры. Это сравнение показало, что [4] значительно недооценивает прочность сцепления при соединении внахлестку, особенно при наличии поперечной арматуры (максимальное значение $u_{test}/R_{bond} = 7,5$ было получено для этого случая). Следует отметить, что формула нормативного документа [4] практически для всех случаев даёт самые низкие значения коэффициента корреляции между опытными и расчетными величинами и самые высокие значения коэффициента вариации u_{test}/R_{bond} , так как не учитывает конструктивные факторы, определяющие прочность сцепления.

Выводы

1. На основе статистического анализа опытных данных предложены формулы для определения средней прочности сцепления и расчетного сопротивления сцепления растянутой арматуры периодического профиля с бетонами классов прочности от В10 до В100, учитывающие, наряду с расчетными сопротивлениями бетона и арматуры, толщину защитного слоя, расстояние между стержнями, количество поперечной арматуры и относительную площадь поперечных ребер.

2. Прочность сцепления (расчетное сопротивление сцепления) арматуры с бетонами классов прочности В10-В100 пропорциональна $R_{bt}^{0,5}$.

3. Анализ экспериментальных данных показал, что при отсутствии поперечной арматуры прочность сцепления не зависит от относительной площади поперечных ребер f_r при изменении последней от 0,059 до 0,14. При наличии поперечной арматуры прочность сцепления возрастает с увеличением f_r , причем при большем количестве поперечной арматуры наблюдается большее увеличение прочности сцепления, что было ранее получено в работах [8, 9].

4. Сравнение расчетного сопротивления сцепления арматуры по полученной формуле с опытными данными, а также с действующими отечественными и иностранными нормативными документами показало хорошую сходимость с опытными данными и лучшие статистические характеристики по сравнению с формулами нормативных документов [4, 5, 14].

Библиографический список

1. Дегтярев В.В. Анализ требований СП 52-101-2003 к длине анкеровки и нахлестки растянутых стержней периодического профиля и предложения по определению расчетного сопротивления сцепления// Бетон и железобетон. Пути развития (2-ая Всероссийская (международная) конференция по бетону и железобетону) – М., 2005.
2. Дегтярев В.В. Свойства и совместная работа с бетоном горячекатаной арматуры класса А500С// Дис. канд. техн. наук.–М.–2002.–172 с.
3. СНИП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования/ Госстрой России.–М.: ГУП ЦПП, 2000.–76 с.

4. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.—М.: ФГУП ЦПП, 2004 — 53 с.

5. ACI Committee 318. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and Commentary (ACI 318R-02), American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich.—2002.—445 pp.

6. ACI Committee 408. Bond and Development of Straight Reinforcing Bars in Tension (ACI 408R-03), American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich.—2003— 49 pp.

7. ACI Committee 408. Splice and Development Length of High Relative Rib Area Reinforcing Bars in Tension (408.3-01) and Commentary (408.3R-01), American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich.—2001.—6 pp.

8. Darwin, D., and Graham, E. K. Effect of Deformation Height and Spacing on Bond Strength of Reinforcing Bars// ACI Structural Journal.— 1993.— No. 6.— pp. 646-657.

9. Darwin, D.; Tholen, M. L.; Idun, E. K.; and Zuo, J. Splice Strength of High Relative Rib Area Reinforcing Bars// ACI Structural Journal.—1996.— No. 1.— pp. 95-107.

10. Darwin, D.; Zuo, J.; Tholen, M. L.; and Idun, E. K. Development Length Criteria for Conventional and High Relative Rib Area Reinforcing Bars// ACI Structural Journal.—1996.— No. 3.— pp. 347-359.

11. Esfahani, M.R.; Kianoush, M.R. Development/Splice Length of Reinforcing Bars// ACI Structural Journal.— 2005.— No. 1.— pp. 22-30.

12. Miller, G.G; Kepler, J.L.; Darwin, D. Effect of epoxy coating thickness on bond strength of reinforcing bars// ACI Structural Journal.—2003.—No. 3.—pp.314-320.

13. Orangun, C. O.; Jirsa, J. O.; and Breen, J. E. Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices// ACI JOURNAL.— 1977.—No. 3.—pp. 114-122.

14. prEN 1992-1-1. Eurocode 2: Design of concrete structures — Part 1.1: General rules and rules for buildings, CEN, Brussels.— 2003.—pp. 225.

15. Zuo, J., and Darwin, D. Splice Strength of Conventional and High Relative Rib Area Bars in Normal and High-Strength Concrete/ / ACI Structural Journal.— 2000.— No. 4.— pp. 630-641.

В ПОМОЩЬ СТРОИТЕЛЬНЫМ ЛАБОРАТОРИЯМ

А.А. ВАРЛАМОВ, Ю.М. КРУЦИЛЯК кандидаты техн. наук (Магнитогорский государственный технический ун-т им. Г.И. Носова)

Способ оценки напряженно-деформированного состояния бетона эксплуатируемых железобетонных конструкций

При проведении обследований зданий и сооружений полученные с помощью различных методов прочностные характеристики бетона сравниваются с фактическими напряжениями, действующими в нем, которые определяются в настоящее время в основном аналитически. Экспериментальное определение НДС натуральных конструкций применяется, как правило, в ответственных зданиях и сооружениях из-за большой трудоемкости и крупных денежных затрат.

Обзор отечественных и зарубежных исследований по определению НДС бетона эксплуатируемых железобетонных конструкций показал, что наиболее применимы на практике компенсационный метод и метод частичной разгрузки [1]. Недостатки этих методов состоят в том, что для определения напряжений по величине измеренных деформаций необходимо знать модуль деформации бетона. На практике установление модуля упругости бетона производится по известным зависимостям от прочности бетона, по результатам ультразвуковых и резонансных испытаний, что приводит к ошибкам. Кроме того, при осуществлении этих методов сохраняется связь исследуемого участка конструкции с основным телом, что вносит искажение в определение деформаций. Компенсационный метод создает напряженное состояние в теле конструкции, ко-

торое не всегда соответствует фактической картине напряжений.

Наиболее точно модуль упругости можно определить при испытании образцов, отобранных из конструкции. При этом становится известной реальная диаграмма деформирования бетона, по которой можно судить и о действующих в материале наибольших напряжениях (эффект памяти). В свою очередь, сравнение фактической диаграммы « $\sigma_b - \varepsilon_b$ » поведения бетона с первоначальной моделью [2] дает общую картину произошедших изменений в материале. К тому же после извлечения образца мы получаем дополнительную информацию о бетоне: величину карбонизации, плотность материала, состав бетона, которая необходима для прогноза поведения конструкций. В настоящее время вырезание образцов производится в основном только для определения прочности бетона.

Нами предлагается метод, позволяющий определять напряжения, основанный на выпиливании образца с последующим его выламыванием из массива. При этом деформации наиболее точно можно определять с помощью тензорезисторов. Использование для этой цели существующих компараторов различной конструкции нецелесообразно, так как при этом уменьшается точность измерения (в 10–20 раз) по сравнению с



Рис. 1 Схема наклейки датчиков на колонны

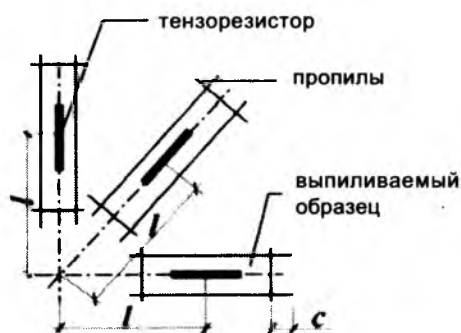


Рис. 2 Схема наклейки тензорезисторов на конструкцию

тензометрией и усложняется процесс снятия показаний на натуральных конструкциях.

В общем случае для определения величины и направления главных деформаций перед выпиливанием на подготовленную поверхность исследуемой конструкции наклеивается прямоугольная розетка тензорезисторов с компенсационным датчиком, расположенным на этой же конструкции (рис. 1). Расстояние между наклеенными тензорезисторами должно обеспечивать возможность отбора образцов требуемых размеров, учитывая зону выступа пропилов (с) (см. рис. 2). С другой стороны, при конструировании тензорозеток надо стремиться компоновать тензорезисторы как можно ближе друг к другу ($\Sigma l \rightarrow \min$).

Минимальные размеры образцов должны не менее чем в 2 раза превышать максимальный размер крупного заполнителя, использованного для изготовления конструкции, из которого отбирают образец для испытания.

Практическая обработка предложенного метода происходила на лабораторных образцах и в фасонно-литейном цехе ЗАО «Механоремонтный комплекс» ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (чугуно-

литейное и сталелитейное отделения), а также в жилых девятиэтажных панельных домах серии 121 города Магнитогорска.

Здание сталелитейного отделения, прямоугольное в плане размером 85,64x299 м, состоит из четырех пролетов одного направления. Введено в эксплуатацию в 1941 г. Каркас здания выполнен преимущественно в виде монолитных железобетонных рам с шагом 6,5 м.

Напряжения в колоннах и несущих вертикальных панелях определяли при действии постоянной нагрузки. Во время отработки методики оценивали долю напряжений, добавляющихся при наезде на колонны мостовых кранов. Для этого замеряли отклонения показаний тензорезисторов во время работы как одного крана в пролете, так и нескольких кранов с разными грузами и режимами работы в течение смены.

При отработке метода отбирали образцы для выпиливания размером 40x40x160 мм. Так как извлекаемые из конструкций образцы меньше стандартных, было произведено сопоставление результатов, полученных на образцах разных размеров. В панели девятиэтажного дома был выпилен образец размером 150x150x600 мм в месте будущего проема и произведено испытание его в лаборатории.

Прочность призмы была меньше средней прочности, полученной по результатам испытаний образцов размером 40x40x160 мм, на 8 %. При выпиливании из стандартных образцов в лабораторных условиях разброс прочностных и деформативных характеристик малых образцов и стандартных призм не превышал 14%. Незначительное различие в результатах испытаний стандартных призм и образцов малых размеров объясняется ослаблениями бетонных призм, которые появляются при выпиливании и выламывании, а также эксцентриситетами, возникающими при испытании малых образцов.

Выпиливание образцов производилось алмазным инструментом (болгаркой), который обеспечивал чистый срез и высокое качество обрабатываемой поверхности. Режим работы инструмента при выпиливании образцов строго регламентировался, поскольку в процессе выпиливания образец находится под воздействием усилий, вызываемых силами резания, трения пилы о бетон и т.п., которые деформируют как сам образец, так и структурные элементы бетона. Степень влияния этих сил зависит от размеров образца, размера зерен крупного заполнителя, его физико-механических свойств, прочности растворной части, сил сцепления между заполнителем и раствором и т.п. На основании лабораторных испытаний разработана методика выпиливания образцов из бетона.

По разности показаний тензорезисторов до и после выпиливания вычисляли упругую составляющую деформаций бетона.

Для определения характеристик диаграммы поведения бетона проводили испытание отобранных образцов в лабораторных условиях с получением этих диаграмм в текущий момент времени.

Было произведено сравнение фактических средних диаграмм « $\sigma - \epsilon$ » с диаграммами, построенными по теоретическим зависимостям [2], для кратковременных

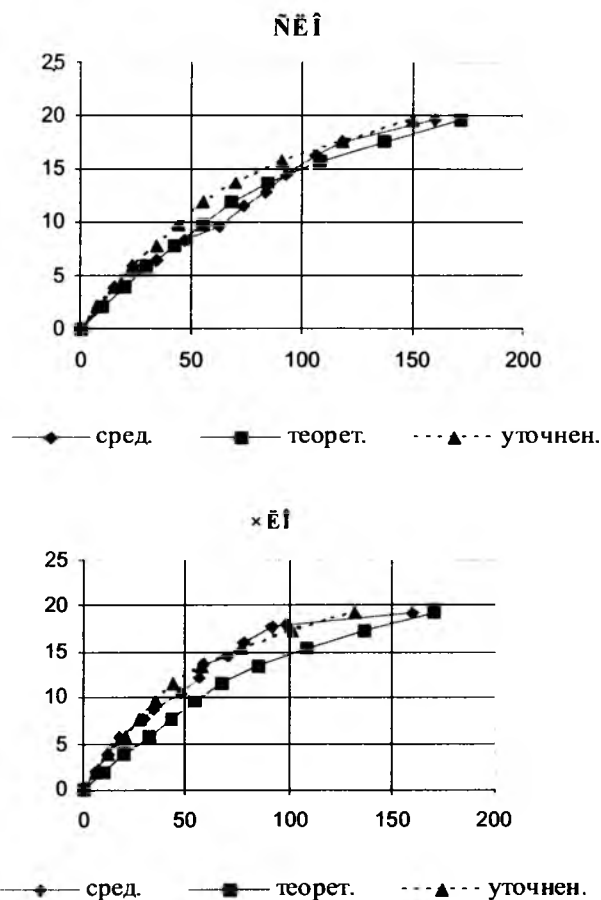


Рис. 3. Зависимость изменения относительных деформаций (ось абсцисс) от напряжений (МПа, ось ординат)

испытаний и с уточненной диаграммой, полученной путем подстановки фактического модуля, определенного при испытании, в теоретические зависимости (рис. 3). Средние диаграммы строили путем обработки экс-

периментальных данных методом наименьших квадратов.

Из анализа полученных теоретических и фактических диаграмм были сделаны следующие выводы:

Для образцов бетона конструкций сталелитейного и чугунолитейного отделений средние и уточненные диаграммы практически совпадают друг с другом.

На экспериментальных диаграммах можно определить максимальные напряжения, действующие в процессе эксплуатации (проявление эффекта памяти). Это точки отклонения диаграмм от прямой, характеризующей начальный модуль упругости бетона.

Хорошее совпадение экспериментальных диаграмм с теоретическими можно объяснить тем, что бетон исследованных конструкций работал в области малых напряжений, поэтому пластические деформации оказались не выбранными. Действующие напряжения, определенные с помощью предлагаемой методики, составляли 0,25–0,42 от разрушающей нагрузки, без учета крановых воздействий. Крановые нагрузки в сталелитейном и чугунолитейном отделениях вносили дополнительно напряжения, составляющие от 11 до 25 % от напряжений при действии постоянной нагрузки.

Напряжения, определенные в колоннах цехов, превысили теоретические значения до трех раз. Фактический эксцентриситет приложения нагрузки в колоннах больше по сравнению с теоретическим.

Интервал разброса прочности выпиленных образцов для девятиэтажного дома составил 13,8%, для цехов – 15,9% от средней величины.

Библиографический список

1. Коршунов Д.А., Сидоренко М.В., Ялов Г.Н. Определение напряжений в бетоне конструкций//Бетон и железобетон. – 1993. – №3. – 15 с.
2. Варламов А.А., Круциляк Ю.М. Оценка изменений структурно-деформативных характеристик бетона в процессе его эксплуатации//Бетон и железобетон. – 2003.– № 5 – С. 14 – 16.

ТЕОРИЯ

С.В.АЛЕКСАНДРОВСКИЙ (НИИЖБ); В.С.АЛЕКСАНДРОВСКИЙ (ОАО “Моспроект”)

Базовая математическая модель теории промерзания влажных пористых тел

В теории состояния промерзающих влажных пористых тел важное место занимает задача об их промерзании с изменением агрегатного состояния содержащейся влаги. Впервые такая задача в упрощенном виде была решена членами Российской Академии Наук в 1831г. Ляме и Клапейроном [5] и позже Стефаном [7], а затем Л.С. Лейбензоном [6] с некоторым обобщением граничных условий. Эти решения носят част-

ный характер и требуют дальнейшего развития, поскольку подобного рода задачи имеют большое практическое значение применительно к полам промзданий, дорожным и аэродромным покрытиям, массивным конструкциям, укладываемым горизонтально вытянутыми пластами и т.п. Решение [6] к тому же не вполне корректно, так как при найденной глубине зоны промерзания $\xi = \beta \sqrt{t}$ температура замерзшего слоя $t_1(x_0, t)$

не удовлетворяет уравнению теплопроводности для нее.

Указанную задачу можно считать **базовой**, так как, помимо самостоятельного научного значения, она служит основой для решения подобных одномерных по координате задач о промерзании плоскостных слоистых конструкций **методом последовательных приближений**.

Ниже рассматривается вариант такой теории, удобной для приложений, при следующих рабочих предположениях.

Влажное тело находится в талом состоянии и имеет влажность с массовым содержанием W и температуру T_0 . В начальный момент времени $\tau = 0$ температура наружного воздуха становится внезапно равной $T_c < T_{H3}$. В результате образуется промерзший слой переменной толщины $\xi(\tau)$. Нижняя подвижная граница его имеет всегда температуру замерзания T_{H3} . На этой границе происходит переход воды в лед, на что требуется теплота перехода ρ (кДж/кг).

Таким образом, верхняя граница $x = \xi(\tau)$ талой зоны имеет постоянную температуру T_{H3} , а нижняя граница – некоторую постоянную температуру тела на его большей глубине.

Предполагается, что перенос теплоты в теле происходит только вследствие теплопроводности.

Если ввести в рассмотрение функцию льдистости в бетоне [4],

$$K(T) = \frac{W_{л}(T)}{W},$$

где W – начальное массовое отношение влаги, а $W_{л}(T)$ – массовое отношение льда, и исходить из обобщенной расчетной модели для $K(T)$ в форме:

$$\text{При } T_1 \leq T_{\min}: \quad K(T_1) = v + d(T_1 - T_{H3}),$$

$$\text{При } T_1 \geq T_{\min}: \quad K(T_1) = v + d(T_{\min} - T_{H3}),$$

$$\text{где } d = \frac{K(T_{\min}) - K(T_{H3})}{T_{\min} - T_{H3}}, \text{ то}$$

математическая задача ставится следующим образом [4].

Температуры слоев $T_i(x, \tau)$ ($i = 1$ – промерзший, $i = 2$ – непромерзший слой) должны удовлетворять уравнениям теплопроводности

$$\frac{\partial T_i}{\partial \tau} = \alpha_i^* \frac{\partial^2 T_i}{\partial x^2},$$

где α_i^* – приведенный коэффициент температуропроводности

$$\alpha_i^* = \frac{\lambda_i}{\gamma_i(G_i - \rho wd)}$$

Должно соблюдаться граничное условие (для общности решения на поверхности тела рассматриваются граничные условия III рода в терминах теории теплопроводности [1])

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} - \alpha_H(T_1 - T_c) = 0 \text{ при } x = 0$$

Кроме того, считается, что на большой глубине слой имеет некоторую постоянную температуру, так что

$$\frac{\partial T_2}{\partial x} = 0 \text{ при } x = \infty$$

Необходимо также, чтобы соблюдались условия теплового сопряжения промерзшего и непромерзшего слоев:

$$T_1 = T_2 = T_{H3} \text{ при } x = \xi(\tau);$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} = \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} + \gamma_1 \rho W K(T_1) \frac{\partial \xi(\tau)}{\partial \tau} \text{ при } x = \xi(\tau),$$

где T_{H3} – температура начала замерзания воды в порах бетона, $\xi(\tau)$ – переменная глубина промерзания, $\rho = 334,08$ кДж/кг – теплота кристаллизации льда.

Решение задачи, удовлетворяющее всем этим условиям, известно [4]:

$$T_1 = T_c + D_1 \cdot 2\Phi\left(\frac{x}{2\sqrt{a_1\tau}}\right); \quad (1)$$

$$T_2 = T_0 - D_2 \cdot \left[1 - \Phi\left(\frac{x}{2\sqrt{a_2\tau}}\right)\right]; \quad (2)$$

где

$$D_1 = \frac{T_{H3} - T_c}{2\Phi\left(\frac{\beta}{2\sqrt{a_1}}\right)}; \quad D_2 = \frac{T_0 - T_{H3}}{1 - 2\Phi\left(\frac{\beta}{2\sqrt{a_2}}\right)}$$

Постоянная β определяется из характеристического уравнения

$$\frac{\lambda_1(T_{H3} - T_c)}{2\sqrt{a_1}\Phi\left(\frac{\beta}{2\sqrt{a_1}}\right)} = \frac{\lambda_2(T_0 - T_{H3})}{\sqrt{a_2}\left[1 - 2\Phi\left(\frac{\beta}{2\sqrt{a_2}}\right)\right]} \cdot e^{\frac{\beta^2(a_2^* - a_1)}{4a_1a_2}}$$

Решения задачи (1), (2) очень удобны в приложениях, так как входящие в них интеграл вероятности $\Phi(Z)$ и его производные табулированы [8].

Библиографический список

1. Александровский С.В. Прикладные методы теории теплопроводности бетона, М., "Компания Спутник", 2001.
2. Александровский С.В. Математическая модель криофазных переходов влаги во влажном капиллярно-пористом

материале при его замораживании. Проблемы строительной теплофизики. Сборник докладов шестой научно-практической конференции. Академические чтения, М., РААСН, НИИСФ, 2001, с. 261-272.

3. Александровский С.В. Напряжения в пористом теле, возникающие при замерзании жидкой влаги в его порах. Стены и фасады. Актуальные проблемы строительной теплофизики. Восьмая научно-практическая конференция (Академические чтения), Сборник докладов, изд. РААСН, НИИСФ, М., 2003, с. 9-17.

4. Александровский С.В. Обобщение задачи Стефана на случай неоднородного пористого тела и различных физических моделей замерзания влаги в его порах.

Современные строительные конструкции. Строительная теплофизика. Вопросы сбережения и микроклимата в зданиях. Сборник докладов. Научно-практическая конференция. М., Информационно-издательский центр "Современные Строительные Конструкции", 2004, с. 92-95.

5. Lame, Clapeyron, Ann. De Chimie et de Phisigue, 47, 250, 1831 – 47, с.250.

6. Лейбензон Л.С., Руководство по нефтепромышленной механике, М.-Л., 1931.

7. Stefan, Monatschrifte fur Mathem. und Pfus., 1890, с.1.

8. Щиголов Б.М., Математическая обработка наблюдений, изд. Госфизмат, М., 1962, с.344.

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

Р.Б.ГАРИБОВ, канд. техн наук (Саратовской государственной технической ун-т)

Прогнозирование поведения сжатой железобетонной стойки в условиях сульфатной агрессии

Деформирование нагруженного элемента при воздействии на него сульфатсодержащей среды условно можно представить в виде последовательности процессов*. Вначале к элементу прикладывается нагрузка, при этом конструктивный элемент деформируется без воздействия агрессивной среды. Далее начинается воздействие агрессивной среды на материал, при этом концентрация сульфатов на поверхности конструктивного элемента за определенный промежуток времени увеличивается от 0 до C_0 . Одновременно с этим происходит проникание среды внутрь элемента, ее распределение по определенному закону и химическое взаимодействие проникшей среды с компонентами бетона, что вызывает неоднородность механических свойств бетона по объему элемента. В момент времени, когда концентрация среды в точке центра тяжести арматуры достигнет критического уровня, начинается коррозионный износ арматуры. Таким образом, далее процессы проникания агрессивной среды, ее химического взаимодействия с бетоном (вызывающего изменение его механических свойств), коррозионного износа арматуры (приводящего к уменьшению ее площади) и процесс деформирования конструктивного элемента идут параллельно во времени.

Модель железобетона, взаимодействующего с сульфатсодержащей средой, представляется в виде совокупности моделей [1]: проникания агрессивной среды в бетон; химического взаимодействия проникшей среды с бетоном; деформирования материала (бе-

тона и стальной арматуры); коррозионного износа стальной арматуры.

В качестве модели проникания принимается модель "размытого" фронта в следующем виде

$$C(x,t) = \begin{cases} 0, & x > L(t) \\ C_0 \left(1 - \alpha \frac{x}{L(t)} + \beta \frac{x^2}{L(t)^2} \right), & x \leq L(t), \end{cases} \quad (1)$$

где $C(x,t)$ – концентрация агрессивной среды в точке $L(t)$ – закон продвижения границы размытого фронта вглубь конструктивного элемента (глубина проникания агрессивной среды), α , β – коэффициенты.

В качестве модели химического взаимодействия принимается зависимость вида:

$$\frac{d\mu}{dt} = gC(1 - \mu). \quad (2)$$

Здесь μ – параметр химического взаимодействия, g – коэффициент.

Модель деформирования бетона имеет вид: для бетона, не содержащего сульфатов

$$\sigma = \begin{cases} A_p \epsilon - B_p \epsilon^3, & \sigma > 0; \\ A_c \epsilon - B_c \epsilon^3, & \sigma < 0; \end{cases} \quad (3)$$

для бетона с сульфатами

$$\sigma = \begin{cases} A_p(\mu) \epsilon - B_p(\mu) \epsilon^3, & \sigma > 0; \\ A_c(\mu) \epsilon - B_c(\mu) \epsilon^3, & \sigma < 0. \end{cases} \quad (4)$$

* Овчинников И.Г., Инамов Р.Р., Гарибов Р.Б. Прочность и долговечность железобетонных элементов конструкций в условиях сульфатной агрессии – Саратов: Саратовский государственный ун-т, 2001, 163 с.

Здесь σ , ε - напряжения и деформации, A , B - коэффициенты; индекс "р" относится к случаю растяжения, а "с" - к случаю сжатия.

В качестве модели деформирования ненапрягаемой арматуры принимается зависимость вида

$$\sigma = A_s \varepsilon - B_s \varepsilon^3, \quad (5)$$

где A_s , B_s - коэффициенты.

Модель коррозионного поражения арматуры принимается в виде равномерного по периметру износа глубиной $\delta(t)$

$$\delta(t) = \begin{cases} 0, & t \leq t_{inc}, \\ \alpha (t - t_{inc})^\beta, & t > t_{inc}, \end{cases} \quad (6)$$

где α и β - коэффициенты.

Принимается, что предельное состояние конструктивного элемента может наступить вследствие достижения напряжениями в любой точке неповрежденной и поврежденной агрессивной средой части сечения некоторого опасного уровня. Для бетона этот уровень соответствует максимальным напряжениям на диаграмме деформирования, для стальной арматуры - пределу текучести.

Поведение железобетонной стойки в агрессивной сульфатсодержащей среде исследуется для нескольких схем воздействия последней: с двух противоположных сторон и со всех сторон. Полагается, что устойчивость сжатой стойки обеспечена. Для деформируемого стержня на этапе без воздействия агрессивной среды, а также в условиях ее воздействия, принимается гипотеза плоских сечений.

Уравнение равновесия для сжатого конструктивного элемента из армированного бетона, подвергающегося воздействию агрессивной сульфатсодержащей среды, имеет следующий вид

$$N = \int_{\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \int_{\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} \sigma_b dx dy + \sigma_s \sum_{i=1}^{n_s} F_{si}, \quad (7)$$

где σ_s - напряжение в арматуре; σ_b - напряжение в бетоне; h , b - геометрические размеры поперечного сечения стойки; x , y - координаты; N - действующее на стойку центральное сжимающее усилие; F_{si} - площадь сечения i -го арматурного стержня; n_s - число арматурных стержней.

С учетом (3), (4) и (5) уравнение деформирования для сжатого конструктивного элемента примет вид

$$N = \varepsilon \left(\int_{\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \int_{\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} A_c(\mu) dx dy + A_s \sum_{i=1}^{n_s} F_{si} \right) -$$

$$- \varepsilon^3 \left(\int_{\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \int_{\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} B_c(\mu) dx dy + B_s \sum_{i=1}^{n_s} F_{si} \right). \quad (8)$$

Таким образом, модель деформирования сжатого конструктивного элемента в условиях воздействия сульфатсодержащей среды представляется в виде системы разрешающих уравнений, которую можно разделить на две группы: в первую входят уравнение проникания среды в элемент (1), дифференциальное уравнение для параметра химического взаимодействия (2) и уравнение коррозионного износа (6); ко второй группе относится нелинейное интегральное уравнение деформирования (8), в которое как параметры входят решения уравнений первой группы. Следует отметить, что уравнения деформирования (8) учитывают как неоднородность механических свойств по сечению бетона (3), так и кинетику коррозии арматуры.

Несмотря на то, что решение первой группы уравнений может быть получено независимо от второй, обе группы решаются совместно. Цель этого приема будет объяснена ниже. Первая группа уравнений решается при помощи метода Рунге-Кутты низкого порядка с автоматическим выбором шага. Уравнение деформирования (8), после нахождения интегральных коэффициентов, решается при помощи встроенной функции системы MATLAB, которая выполняет поиск корней уравнения n -ной степени. Функция основана на поиске собственных значений ассоциированной матрицы. Данная функция определяет все три корня, из которых по физическим соображениям выбирается корень с наименьшим модулем.

Расчет процесса деформирования во времени следует прекращать в момент наступления предельного состояния. Приближенно локализовать этот момент можно при помощи выбора достаточно частой сетки по времени, что не эффективно в смысле вычислительных затрат. Более эффективным является применение специальной процедуры уточнения области локализации указанного момента, построенной по аналогии с методом половинного деления. Данная процедура является встроенной в решатель дифференциальных уравнений системы MATLAB и весьма удобна в использовании, что и обуславливает совместное решение нами обеих групп уравнений.

Для решения задачи сечение стержня покрывается прямоугольной сеткой, на которой и задаются дискретные эквиваленты всех непрерывных параметров задачи: концентрация среды, параметр химического взаимодействия, механические характеристики материала, параметры напряженно-деформированного состояния. Как уже указывалось выше, эта задача является зависимой от решения уравнений первой группы и используется в работе как для расчетов параметров напряженно-деформированного состояния во времени, так и для уточнения момента наступления предельного состояния. В качестве входных данных используются время t и матрица значений μ , содержащая узловые значения параметра химического взаимодействия

на некоторой прямоугольной сетке поперечного сечения элемента. При помощи таблично заданных зависимостей коэффициентов модели деформирования бетона A, B от μ производится кусочно-линейная интерполяция для полученных сеточных значений $A(\mu), B(\mu)$. Далее подсчитываются интегралы вида

$$\int_{\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \int_{\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} A_p dx dy, \int_{y_0 - \frac{b}{2}}^{\frac{h}{2}} \int_{\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} A_c dx dy, \int_{\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \int_{\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} B_p dx dy, \int_{y_0 - \frac{b}{2}}^{\frac{h}{2}} \int_{\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} B_c dx dy,$$

а также текущая площадь арматуры с учетом ее коррозионного износа. Двойные интегралы от сеточных функций подсчитывались по методу трапеций, расширенному на двумерную область.

Затем вычисляются коэффициенты нелинейного уравнения деформирования (8), из решения которого находится величина однородной деформации элемента. Наконец, по найденным деформациям рассчитываются сеточные значения напряжений в бетоне и в арматуре.

Для определения инкубационного периода коррозии арматуры используется процедура поиска корня функции одной переменной, основанной на квадратично-кубичной интерполяции. Инкубационный период заканчивается в момент достижения концентрацией среды предельного значения в точке с координатами центра тяжести арматуры. Некоторую проблему представляет определение значения концентрации в зоне пересечения фронтов, движущихся от разных сторон элемента. Очевидно, что сумма концентраций представляет слишком завышенную оценку, если исходить из того, что проникание происходит по закону, близкому к диффузионному. С другой стороны, выбор максимальной из концентраций среды пересекающихся фронтов по сути означает отсутствие взаимодействия фронтов и дает слишком заниженную оценку. В наших расчетах концентрация в зоне пересечения фронтов регулировалась специальным коэффициентом во всем диапазоне от максимальной до минимальной ее оценок.

Расчет процесса деформирования во времени прекращается в момент наступления предельного состояния. Что касается определения этого момента, очевидно, что нужно проверять условие наступления предельных деформаций, а не напряжений в силу особенностей принятой модели деформирования бетона и арматуры: в кубической модели за предельные напряжения не достигаются. С физической точки зрения, момент наступления предельных деформаций соответствует моменту наступления предельных напряжений, т.е. с этой точки зрения они равноценны.

Расчет напряженно-деформированного состояния производился для сжатого элемента верхнего пояса железобетонной фермы со следующими значениями исходных параметров: размеры поперечного сечения 280x250 мм, армирование симметричное, арматура А-III диаметром 25 мм, прочность бетона $R_b=29$ МПа, величина защитного слоя 20 мм. В соответствии с принятыми моделями материалов и их параметрами максимальная нагрузка для данного элемента, не подверженного воздействию среды, составляет $N_{max}=2660$ кН.

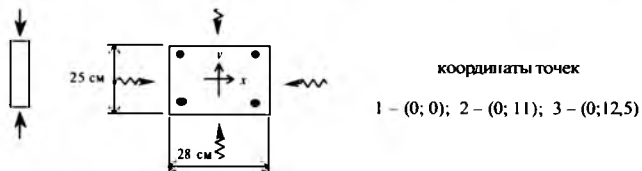
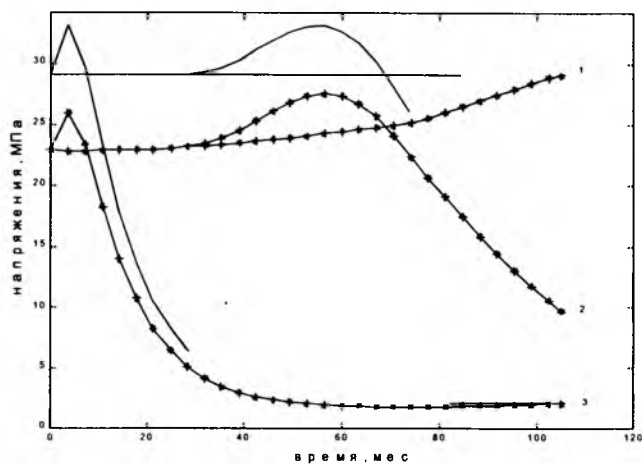


Рис. 1 Кинетика изменения фактических и предельных напряжений (пунктирная линия) в бетоне в некоторых точках сечения: $(x; y) = (0; 0), (0; 11)$ и $(0; 12,5)$ см

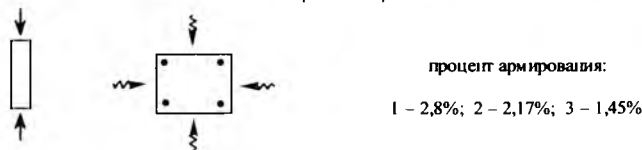
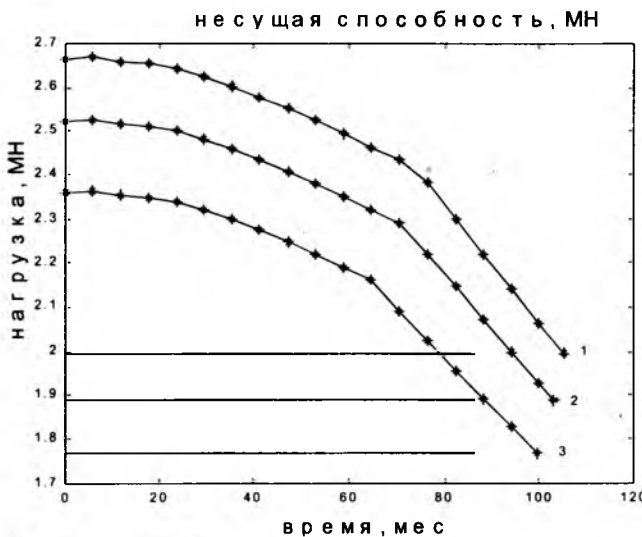


Рис. 2. Влияние процента армирования элемента на изменение его несущей способности во времени

Результаты расчетов приведены на рис. 1 - 4. Коррозионный износ арматуры и химическое взаимодействие проникшей среды с бетоном вызвали уменьшение площади арматуры и изменение механических свойств бетона по сечению элемента.

Рис. 1 иллюстрирует кинетику фактических и пре-

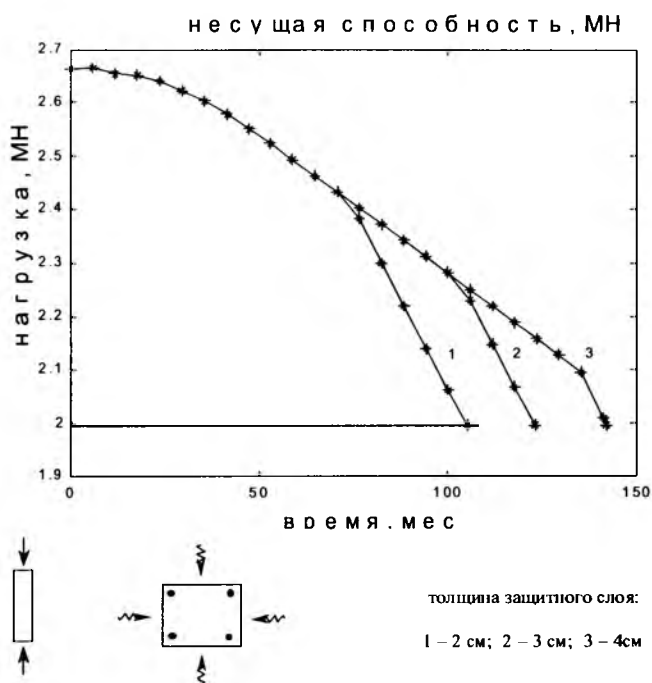


Рис. 3. Влияние толщины защитного слоя элемента на изменение его несущей способности во времени

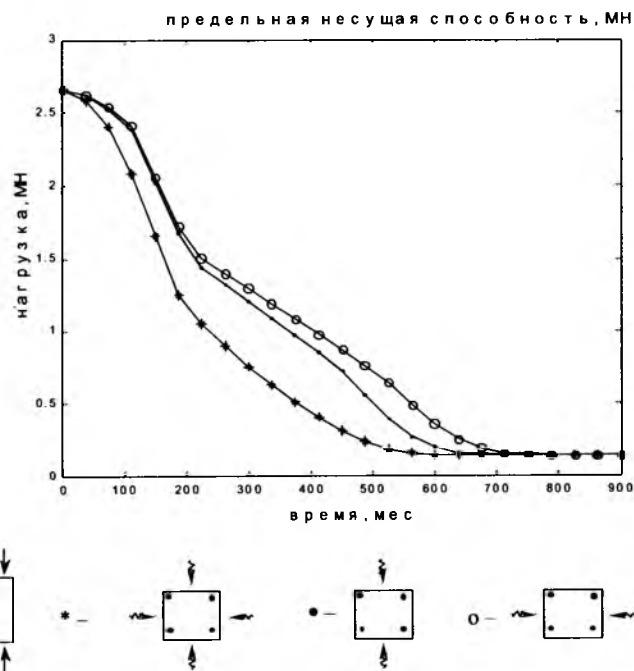


Рис. 4. Влияние схемы воздействия агрессивной среды на изменение несущей способности элемента во времени

дельных напряжений в бетоне в некоторых точках сечения. Данный рисунок позволяет говорить о том, что под воздействием агрессивной среды происходит перераспределение напряжений по сечению элемента. На начальном этапе воздействия среды происходит некоторое упрочнение внешних слоев бетона, взаимо-

действующих со средой, и за счет этого эффекта во внутренних слоях бетона напряжения снижаются. С течением времени среда проникает на большую глубину, достигает критической концентрации в районе расположения арматуры и приводит к ее коррозионному износу.

Одновременно с этими процессами происходит дальнейшее химическое взаимодействие проникшей среды с бетоном, что приводит к разупрочнению последнего. При этом напряжения в непораженной коррозией зоне бетона увеличиваются. Разрушение элемента происходит вследствие достижения бетоном предельных напряжений. Следует отметить, что имеющее место изменение напряжений в различных точках бетона по сечению элемента определяется, во-первых, тем, какая из "мгновенных" диаграмм деформирования бетона используется в соответствующей точке, и, во-вторых, положением на этой диаграмме точки, соответствующей напряжению.

Исследовалось влияние некоторых параметров на несущую способность элемента. Например, численный эксперимент показал, что процент армирования сжатого железобетонного элемента при взаимодействии с сульфатсодержащей средой незначительно влияет на его долговечность (рис. 2): при уменьшении процента армирования с 2,8 до 1,45% долговечность при уровне нагрузки $0,75N_{max}$ снизилась на 4,8%. Кроме того, анализ результатов расчетов показал, что при одном и том же времени эксплуатации элемент, армированный сильнее, выдерживает большую нагрузку.

Исследование влияния толщины защитного слоя бетона на долговечность элемента показало, что при увеличении его с 2 до 3 см долговечность элемента (время до разрушения конструкции при заданном уровне нагрузки) увеличилось на 14%, с 2 до 4 см – на 35% (рис. 3). Здесь следует заметить, что толщина защитного слоя практически не влияет на несущую способность элемента, однако приводит к нелинейному повышению его долговечности: при увеличении толщины защитного слоя в 2 раза долговечность возрастает примерно на 40%.

На рис. 4 представлены графики для рассматриваемого сжимаемого железобетонного элемента, позволяющие оценивать снижение несущей способности во времени, вызванное воздействием сульфатсодержащей среды. Графики построены для различных схем воздействия среды на элемент: со всех сторон и два варианта воздействия с двух противоположных сторон. Эти кривые можно использовать для определения долговечности конструктивного элемента заданных размеров и армирования при разных уровнях нагружения и схемах воздействия среды. Обращает на себя внимание тот факт, что наибольшее влияние на долговечность элемента схема воздействия среды оказывает при среднем и ниже среднего уровнях нагружения.



Коррозионная стойкость арматуры в шунгизитозолобетоне

Золошлаковые смеси (ЗШС) являются одним из распространенных дисперсных техногенных продуктов, направляемых в отвалы теплоэлектростанциями и загрязняющими окружающую среду. В Кольском регионе Апатитская ТЭЦ, работающая преимущественно на каменных углях Печорского бассейна, системой гидрозолоудаления ежегодно сливает многие десятки тысяч тонн ЗШС; в отработанном золоотвале накоплено более 7 млн. т этих смесей.

Средний химический состав ЗШС, мас. %: SiO_2 – 54.70, Al_2O_3 – 16.71, Fe_2O_3 – 13.74, FeO – 1.39, CaO – 1.88, MgO – 2.36, TiO_2 – 1.06, P_2O_5 – 0.27, SO_3 – 0.72, C – 1.02, Na_2O – 1.23, K_2O – 1.44, п.п.п. – 2.31. Основную массу ЗШС составляет стекло (45-62%), представленное частицами шарообразной формы, а также спек (36-52%) в виде мелкопористых агрегатов с высокоразвитой поверхностью. Около 75% ЗШС составляет зольная часть (фракция менее 0.16 мм), зерен шлака крупнее 5 мм не более 1%; удельная поверхность ЗШС 250-300 м²/кг. Шлак обладает устойчивой структурой против силикатного и железистого распада. По радиационному фактору ЗШС не имеет ограничений для использования в строительстве.

Исследованиями отдела технологии строительных материалов ИХТРЭМС КНЦ РАН доказана эффективность использования ЗШС Апатитской ТЭЦ (б. Кировская ГРЭС) в качестве минеральной добавки в различных бетонах [1, 2]. Так, за счет использования ЗШС при получении шунгизитобетона марок 50-75 возможна замена до 15% портландцемента и до 50% шунгизитового

песка; при этом улучшается удобоукладываемость смесей, получается бетон более слитной, мелкопористой структуры, практически без ухудшения физико-механических свойств легкого бетона. Однако, поскольку исследованные ЗШС относятся к низкокальциевым кислым золам (модуль основности менее 0.1), важно было определить коррозионностойкость арматуры в шунгизитозолобетонных конструкциях, подлежащих армированию.

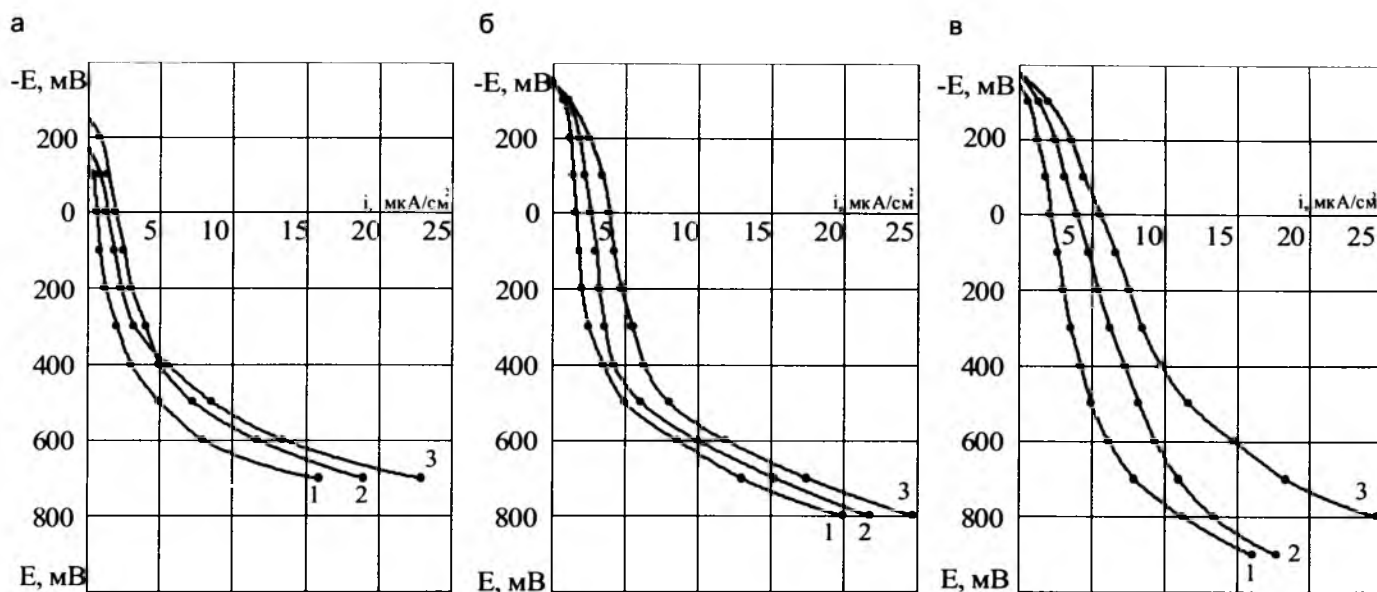
Для выявления пригодности ЗШС в качестве компонента легкого армированного бетона проведены эксперименты по изучению стойкости арматуры к коррозии в шунгизитопенобетоне М50 с различным содержанием добавки ЗШС (в пределах 200 кг/м³, обеспечивающих улучшение качественных показателей легковесных смесей). Для приготовления бетона использовались: шунгизитовый гравий фракций 10-20 и 5-10 мм, дробленый шунгизитовый песок и ЗШС насыпной плотностью 400, 480, 880 и 990 кг/м³, соответственно, портландцемент М400 Пикалевского завода и пенообразователь – скрубберная паста Шебекинского химзавода (содержание сухого вещества 16.8%, рН 1%-го водного раствора 9.06, плотность пены около 200 кг/м³). Расход ма-

териалов на 1 м³ бетона контрольного беззольного состава: цемент – 250 кг, шунгизитовый гравий (смесь фракций 10-20 и 5-10 мм в соотношении 65:35 мас. %) – 430 кг, шунгизитовый песок – 300 кг, вода – 150 л и пенообразователь 34 л. При этом жесткость легковесных виброформируемых смесей равнялась 5-8 с.

Коррозионную стойкость арматуры изучали на кубах шунгизитозолобетона размером 100x100x100 мм, в которые закладывались стержни диаметром 5 и длиной 70 мм из арматурной стали В-1. Испытания вели по ускоренной методике ВНИИжелезобетона [3] при пропаривании образцов в лабораторной камере при относительной влажности 80-90% и температуре 80°C; после 35 и 70 циклов испытаний производилось обследование стержней и определялись потери их массы и рН водной вытяжки. Результаты этих испытаний приведены в таблице.

Из ее данных видно, что с увеличением содержания ЗШС прослеживается закономерная тенденция возрастания потерь массы стержней, достигающих максимального значения после 70 циклов испытаний при расходе ЗШС 190 кг на 1 м³ бетона, однако не превышающих 0.5 мас. %; при этом разница потерь массы в зависимости от количества

Расход ЗШС на 1 м ³ бетона, кг	Снижение расхода материалов на 1 м ³ бетона, %		После 35/70 циклов	
	цемента	шунгизитового песка	потеря массы, %	рН
–	–	–	0.06/0.09	12.74/12.44
25	10	–	0.15/0.15	12.60/12.33
130	10	35	0.35/0.42	12.46/12.24
165	12	45	0.38/0.30	12.44/12.12
190	15	51	0.46/0.48	12.40/12.08



Анодные поляризационные кривые стали в шунгизитозолобетоне

а – в исходном состоянии; б – после 6 мес испытаний; в – после 8 мес хранения в атмосферных условиях Москвы

1 – контрольный состав; 2 – содержание ЗШС 122 кг/м³; 3 – содержание ЗШС 173 кг/м³

циклов незначительна. Для сравнения следует отметить, что, по данным ЦНИИЭПСельстроля (Лапидус М.А., 1984), коррозионные потери арматуры в керамзитозолобетоне с использованием зол Дарницких ТЭС и Каширской ГРЭС после 70 циклов сопоставимы с результатами настоящих испытаний. О пассивирующей способности шунгизитозолобетона свидетельствует и величина рН водной вытяжки, минимальное значение которой после 70 циклов испытаний составило 12.08, что выше регламентируемого показателя в 11.8 [4].

Электрохимическим испытаниям подвергались контрольные образцы беззолного шунгизитопенобетона М50 и две серии образцов шунгизитозолопенобетона, содержащего 122 и 173 кг ЗШС. Снятие анодных поляризационных кривых стали в бетоне осуществлялось непосредственно после тепловлажностной обработки, после 3 и 6 мес хранения в условиях переменного увлажнения и высушивания, а также после 8 мес испытаний в атмос-

ферных условиях г. Москвы. Характер поляризационных кривых (см. рисунок) показывает, что сталь в бетонах всех составов, хранившихся при различных условиях, находится в пассивном состоянии, поскольку при потенциале (E)+300 мВ по насыщенному электроду плотность тока (i) не превышает 10 мкА/см²; вместе с тем составам бетона с более высоким содержанием ЗШС соответствуют несколько более высокие показатели плотности тока. В результате проведенных 8-месячных испытаний образцов в атмосферных условиях г. Москвы коррозионных поражений стальных стержней в шунгизитозолобетоне не отмечено.

Показатели рН жидкой фазы бетона составов беззолного №1 и золосодержащих №№ 2 и 3 в исходном виде после тепловлажностной обработки были 12.94, 12.10 и 12.34, после 8 мес хранения в атмосферных условиях г. Москвы они уменьшились незначительно – до 12.2, 11.97 и 11.95 соответственно и не превысили нормативного значения.

Вывод

Использование низкокальциевых кислых золошлаковых отходов в качестве добавки в шунгизитобетонные смеси в количестве до 200 кг/м³ обеспечивает возможность получения на их основе легкого бетона с обеспеченным защитным действием по отношению к арматуре.

Библиографический список

1. Крашенинников О.Н., Макаров В.Н., Журбенко Г.В. и др. Золошлаковые смеси Кировской ГРЭС – эффективная добавка в бетоны // Бетоны на основе золы и шлака ТЭС и комплексное их использование в строительстве. – Новокузнецк: изд. СМИ, 1990. – С.173-184.
2. Макаров В.Н., Боброва А.А., Крашенинников О.Н. и др. Физико-химические аспекты комплексного использования золошлаковых смесей тепловых электростанций. – Апатиты: изд. КНЦ РАН, 1991. – 115 с.
3. Саралин И.Г., Лившиц А.В., Кондратьев М.И. Применение зол в качестве мелкого заполнителя // Бетон и железобетон. – 1974. - №7. – С.14-16.
4. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузев Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. – М.: Стройиздат, 1980. – 536 с.

НИИЖБ и Ассоциация «Железобетон» сообщают о получении полного текста (на английском языке) Европейских рекомендаций по самоуплотняющемуся бетону. Над рекомендациями работали более 50 экспертов из 12 европейских стран

Ниже приведено содержание руководства, охватывающего производство готовых бетонных смесей, приготовление бетонных смесей на месте строительства и производство сборного железобетона.

Прежде чем завершить перевод рекомендаций, их редактирование специалистами НИИЖБ и издание, мы обращаемся к строительной общественности с вопросом о целесообразности этой работы и Вашем желании приобрести рекомендации.

Ваши предложения направляйте исполнительному директору Ассоциации «Железобетон» Сасонко Л.В.

т/ф. 174-78-48; e-mail: sasonko@migmail.ru

1. Введение
2. Область действия
3. Стандарты, на которые делаются ссылки
4. Термины и определения
5. Инженерные свойства
 - 5.1 Общее
 - 5.2 Прочность на сжатие
 - 5.3 Прочность на растяжение
 - 5.4 Статический модуль упругости
 - 5.5 Ползучесть
 - 5.6 Усадка
 - 5.7 Коэффициент температурного расширения
 - 5.8 Сцепление с обычной и напрягаемой арматурой
 - 5.9 Несущая способность по срезу поперек плоскости литья
 - 5.10 Сопротивление огню
 - 5.11 Долговечность
 - 5.12 Ссылки
6. Технические требования к самоуплотняющемуся бетону для готовых бетонных смесей и бетона, приготовляемого на площадке строительства
 - 6.1 Общее
 - 6.2 Технические требования
 - 6.3 Требования к свежеприготовленному бетону
 - 6.4 Классификация консистенции
 - 6.5 Примеры требований
7. Составляющие материалы
 - 7.1 Общее
 - 7.2 Цемент
 - 7.3 Добавки
 - 7.4 Заполнители

- 7.5 Добавки при перемешивании
 - 7.6 Пигменты
 - 7.7 Фибра
 - 7.8 Вода для перемешивания
8. Состав смеси
 - 8.1 Общее
 - 8.2 Принципы проектирования смеси
 - 8.3 Методы испытания
 - 8.4 Базовое проектирование смеси
 - 8.5 Подходы к проектированию смеси
 9. Производство готовых смесей и смесей, изготовленных на площадке строительства
 - 9.1 Общее
 - 9.2 Хранение составляющих материалов
 - 9.3 Смесительное оборудование и пробные смеси
 - 9.4 Процедуры смешивания на строительстве
 - 9.5 Контроль продукции
 - 9.6 Транспортировка и распределение
 - 9.7 Приемка на строительстве
 10. Требования строительства и подготовка
 - 10.1 Общее
 - 10.2 Контроль на строительстве
 - 10.3 Корректировка смеси
 - 10.4 Наблюдение и квалификация
 - 10.5 Проверка опалубки давлением
 - 10.6 Проектирование опалубки
 - 10.7 Подготовка опалубки
 - 10.8 Формы для заполнения днищем вверх
 11. Укладка и отделка на строительстве
 - 11.1 Общее
 - 11.2 Выгрузка
 - 11.3 Процедура и оценка укладки
 - 11.4 Укладка насосами
 - 11.5 Укладка по желобу или скипом
 - 11.6 Вибрация
 - 11.7 Заглаживающая балка
 - 11.8 Уход
 12. Сборные элементы
 - 12.1 Общее
 - 12.2 Требования к самоуплотняющемуся бетону для сборных элементов
 - 12.3 Проектирование смеси самоуплотняющегося бетона для сборных элементов
 - 12.4 Формы
 - 12.5 Фабричное производство

- 12.6 Укладка
- 12.7 Отделка, уход и распалубка
- 13. Внешний вид и отделка поверхности
 - 13.1 Общее
 - 13.2 Раковины
 - 13.3 Образование пустот
 - 13.4 Консистенция света и отклонения поверхности
 - 13.5 Минимизация поверхностных трещин

Приложения

- A. Требования к самоуплотняющемуся бетону
 - A.1 Область действия
 - A.2 Нормативные ссылки

- A.3 Определения, символы и сокращения
- A.4 Классификация
- A.5 Требования к бетону и методы проверки
- A.6 Распределение бетонной смеси
- A.7 Соответствие контроля и критериев
- A.8 Контроль производства

B. Методы испытаний самоуплотняющегося бетона

- B.1 Метод осадки во времени
- B.2 Испытание в воронке
- B.3 Испытание в L-образной коробке
- B.4 Сопротивление расслоению на сите

C. Улучшение отделки самоуплотняющегося бетона

Ориентировочный перечень пособий-рекомендаций с примерами расчёта, разрабатываемых Ассоциацией «Железобетон» в развитие СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции»

1. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры – разработаны ЦНИИпромзданий и НИИЖБ и распространяются.

2. Предварительно напряжённые железобетонные конструкции – разработаны ЦНИИпромзданий и НИИЖБ и будут распространяться осенью 2005 г.

3. Сборно-монолитные конструкции.

4. Дисперсно-армированные железобетонные конструкции.

5. Сталежелезобетонные конструкции.

6. Самонапряжённые железобетонные конструкции.

7. Реконструкция, восстановление и усиление бетонных и железобетонных конструкций.

8. Бетонные и железобетонные конструкции, подвергающиеся воздействию агрессивных сред.

9. Бетонные и железобетонные конструкции, подвергающиеся воздействию пожара – разработана НИИЖБ и рассмотрена первая редакция.

10. Бетонные и железобетонные конструкции, подвергающиеся технологическим и климатическим температурно-влажностным воздействиям.

11. Бетонные и железобетонные конструкции, подвергающиеся воздействию повторных и динамических нагрузок.

12. Бетонные и железобетонные конструкции из бетонов на пористых заполнителях и пористой структуры.

13. Бетонные и железобетонные конструкции из мелкозернистого бетона.

14. Бетонные и железобетонные конструкции из высокопрочного бетона (класса выше B60).

15. Железобетонные каркасные здания и сооружения.

16. Бетонные и железобетонные бескаркасные здания и сооружения.

17. Пространственные бетонные и железобетонные конструкции.

Вероятно, в первую очередь будут разработаны рекомендации № № 7, 9, 15 и 16.

По мере готовности рекомендаций их станут продавать через Ассоциацию «Железобетон». В ряде случаев на подготавливаемые рекомендации может быть объявлена предварительная подписка по льготной цене.

Ассоциация «Железобетон» считает своей задачей сделать рекомендации с примерами расчёта к СНиП 52-01-2003 настольной книгой проектировщиков и строителей России.

Л.В. Сасонко, исп. директор
Ассоциации «Железобетон»
тел./факс 174-78-48;
e-mail: sasonko@migmail.ru

ТРИАДА-ХОЛДИНГ РЕКОМЕНДУЕТ! СИСТЕМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕМОНТА И ЗАЩИТЫ БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА



Фирма "Vandex" - первая и наиболее известная в мире разработчик и производитель гидроизоляционных материалов проникающего действия



Специализированные гидроизоляционные составы "Thoro" производятся с 1912 г. Материал "ThoroSeal" во всем мире признан эталонным гидроизоляционным составом



Сфера применения

гидроизоляция, ремонт, восстановление, упрочнение бетона, защита от карбонизации, хлоридов и других агрессивных воздействии



Арматурный каркас

Защитный слой для арматурного каркаса
Structurite Primer
Vandex CRS M

Праимерный слой между старым и новым бетоном
Acryl 60

Ремонтный состав
Structurite, Structurite 300
Structurite HB
Vandex CRS 05 HB

Эластичное гидроизоляционное покрытие
ThoroSeal FX-100
Vandex BB 75E

Жесткое гидроизоляционное покрытие
ThoroSeal ThoroSeal QF
Vandex BB 75

Защитное, декоративное эластичное покрытие
Thorclastic

Защитное, декоративное жесткое покрытие
ThoroSilco Quickseal

Материалы обеспечивают

- высокую адгезию и паропроницаемость покрытий
- отличную работу при негативном давлении воды
- высшую степень надежности
- высокую морозостойкость
- удобство и простоту в работе

Специальные системы

- для вертикальных и потолочных поверхностей
- преднапряженных конструкции
- конструкций, находящихся в воде
- сооружений питьевого водоснабжения и канализации

Общий объем покрытий, выполненных материалами "Thoro" и "Vandex" только в России составляет миллионы квадратных метров!

С этими материалами Вы всегда уверены в результате!



Триада - Холдинг

Россия, 123308, Москва, пр-т Маршала Жукова, дом 6, стр. 2
Тел. (095) 234-16-10, 956-15-04, 956-18-52 Факс (095) 234-38-84
E-mail: trhold@comail.ru www.triada-holding.ru

Памяти С.В.Александровского

10 сентября 2005 г. на 86 году жизни скончался Сергей Владимирович Александровский – доктор технических наук, профессор, почетный член Российской академии архитектуры и строительных наук, лауреат премии Правительства России в области науки и техники.

Жизненный путь Сергея Владимировича в науке начался после окончания с отличием Днепропетровского и Новосибирского инженерно-строительного институтов, куда во время войны эвакуировался Днепропетровский ИСИ, с промежуточным перерывом на участие в Великой Отечественной войне. Сергей Владимирович получил тяжелое ранение на фронте, награжден правительственными наградами. После окончания института поступил в аспирантуру МИСИ, которую успешно окончил, защитив диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. Затем работал в бывшем ЦНИИПСе, а с организацией НИИЖБа перешел на работу в этот институт, защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук и прошел путь от научного сотрудника до заведующего лабораторией, где трудился до последних дней.

Перу Сергея Владимировича принадлежат капитальные работы в области создания современной теории теплопроводности и влагопроводности бетона и решения на ее основе задач по определению температурных и влажностных напряжений в бетонах и железобетонных конструкциях; также основополагающих работ по развитию современной теории ползучести и экспериментальному обоснованию ее исходных предпосылок; также – решению задач расчета массивных, плоских и стержневых конструкций на действие температуры и влажности с учетом усадки и ползучести бетона.

В последние годы им была создана теория термоползучести бетона при стационарных и нестационарных тепловых воздействиях и решены отдельные практические задачи. Все эти работы нашли отражение в третьем издании его капитальной монографии «Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменение температуры и влажности с учетом ползучести бетона» (М. 2004 г.). Нельзя не отметить и разработанный Сергеем Владимирович в последнее время метод определения долговечности ограждающих конструкций, который нашел отражение в его монографии «Долговечность наружных ограждающих конструкций» (М.2004 г.). В целом им опубликовано свыше 180 научных работ, в том числе 9 монографий, воспитано много кандидатов и докторов технических наук.

Сергея Владимировича отличала большая требовательность, принципиальность и убежденность в отстаивании основополагающих положений науки о бетоне и железобетоне и математической строгости решения задач.

Светлая память о Сергее Владимировиче Александровском, ученом с огромным запасом энциклопедических знаний, великолепном математике, воспитателе, истинном интеллигенте, сохранится в сердцах всех, кто его знал, а его научные труды послужат будущим поколениям исследователей.

*Сотрудники Научно-исследовательского института бетона и железобетона (НИИЖБ),
Научно-исследовательского института строительной физики (НИИСФ)
и Российской академии архитектуры
и строительных наук*

Виктор Борисович Ратинов (1921-2005)

Из США пришло печальное известие для всех участников к строительному материаловедению, химии вяжущих веществ и технологии бетона – 20 ноября 2005 г. скончался Виктор Борисович Ратинов. В эмиграции в связи с семейными обстоятельствами он провел последние годы жизни. Нельзя без самых теплых чувств вспоминать Виктора Борисовича, трудно даже представить себе как бы раздельно блестящего ученого и прекрасного человека. Настолько глубок уровень его научных работ, настолько высока планка его чисто человеческих качеств.

В науку о строительных материалах он «пришел»

из классической физической химии, помнится, из физико-химии горения. Фундаментальные представления этой области знаний он успешно переносил на сложнейшие объекты строительного материаловедения. Уже в середине 50-х годов прошлого столетия в скромных сборниках трудов ВНИИЖелезобетона, где он тогда работал, появляются его статьи по теории твердения вяжущих. На примере полугидрата сульфата кальция ученый показал возможность использования аппарата физико-химии, включая законы растворения, диффузии и кристаллизации, при количественном описании процессов гидратации.

Наиболее существенен, на наш взгляд, его вклад в создание основ использования химических добавок в бетон. Главное направление этих работ – раскрытие механизмов действия добавок различной природы с целью решения задач интенсификации твердения бетона, экономии цемента, зимнего бетонирования и др. Обосновав их классификацию в своей классической монографии «Добавки в бетон» (совместно с супругой Т.И. Розенберг), ученый намного опередил хорошо известные сегодня идеи создания комплексных добавок, содержащих высокоэффективные ПАВ – суперпластификаторы, электролиты, центры кристаллизации и т.п.

Также основательны его труды по коррозии цемента и бетона, смазкам формооснастки и многие другие. Особое значение ученый придавал популяризации фундаментальных и зачастую сложных для строителей физико-химических знаний о кинетике и термодинамике процессов твердения цементов и стойкости бетонов. Не теряет и сейчас интереса его книга (совместно с Ф.М. Ивановым) «Химия в строительстве». Жаль только, что в наши дни сплошной «химизации» бетона этот простой, доходчивый и убедительный труд не переиздается.

В.Б. Ратинову было чуждо наукообразие. Не найти в его работах и тени стремления «красиво» описать полученные эмпирическим путем данные. Именно поэтому его привлекали для участия в престижных международных форумах и изданиях. Четкость в постанов-

ке и результативность реализации материаловедческих задач – отличительные особенности физико-химической школы Ратинова.

Будучи по сути своей очень добрым и отзывчивым человеком, Виктор Борисович мог быть абсолютно твердым и принципиальным в оценке некорректных или спекулятивных в научном смысле работ. Он с достоинством отстаивал научные позиции, например, при переносе фундаментальных на микроуровне знаний на макроуровень строительного материаловедения. К сожалению, в последние годы в странах СНГ многочисленные разработки, в особенности диссертационные, грешат подобными «вольностями», отчего подчас – безрезультатны, а порой просто вредны.

Автор этих строк многократно встречался с Виктором Борисовичем. Неизменная доброжелательность удивительным образом сочеталась в нем с умением просто и тактично указать коллегам на допущенные неточности и помочь им выбрать верное направление исследований.

Память о Викторе Борисовиче Ратинове сохранится в сердцах всех близко его знавших и тех, кто сегодня посвящает свою жизнь строительным материалам.

А.Ушеров-Маршак,
профессор
ХГТУСА

Уважаемые читатели!

Завершается подписка на журнал **"Бетон и железобетон"** на первое полугодие 2006 г. Сведения о подписке содержатся в Объединенном каталоге (он зеленого цвета) "Пресса России" (стр. 216)
Подписной индекс **70050**
Подписка принимается во всех отделениях связи без ограничений
Тел. для справок **692-6205, 703-9762**

Редакционная коллегия: Ю.М.Баженов, В.Г.Батраков, В.М.Бондаренко, Ю.С.Волков, В.В.Гранев, В.Г.Довжик, А.И.Звездов, К.В.Михайлов, В.А.Рахманов, И.Ф.Руденко, А.С.Семченко, Р.Л.Серых (главный редактор), А.Г.Тамразян В.Р.Фаликман, Ю.Г.Хакютин, А.А.Шлыков (зам.главного редактора), Е.Н.Щербаков

Подписано в печать 02.12.05. Формат 60x88¹/₈. Печать офсетная. Бумага офсетная № 1
Усл.печ.л. 4,0 Заказ №

Адрес редакции
Москва, Георгиевский пер., д.1, строение 3, 3-й этаж

E-mail: magbeton@rambler.ru
Тел. 692-6205, 703-9762

Отпечатано в ОАО Московская типография № 9
109033, Москва, Волочаевская ул., д.40

ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНОВ

**Суперпластификаторы
и пластификаторы**

**Противоморозные
добавки**

**Ускорители набора
прочности**

**Модификаторы
бетона**

**Замедлители схватывания
и набора прочности**

**Диспергаторы и
специальные добавки**

**НОВЫЙ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОР
ПОЛИПЛАСТ СП-3**



“ПОЛИПЛАСТ”
115114, Москва, Кожевнический пр, д. 3.
Тел/факс (095)580-70-83, 580-70-84
Secretar@polyplast-un.ru

“ПОЛИПЛАСТ СЕВЕРО-ЗАПАД”
188480, Ленинградская обл.,
г. Кингисепп, промзона “Фосфорит”
Тел/факс (81375)95-239, 2-69-98
Директор по ВЭД: (095) 580-70-83
Polyplast_nw@mail.ru

“ПОЛИПЛАСТ НОВОМОСКОВСК”
301653, Тульская обл., Г. Новомосковск,
Комсомольское ш., Д. 72
Тел/факс (08762) 21-119, 21-140,
2-11-19, 2-11-36
Polyplast@pplast.novomoskovsk.ru

“ПОЛИПЛАСТ- УРАЛСИБ”
623109, Свердловская обл.,
г. Первоуральск, ул. Заводская, д. 3
Тел/факс (34392)93-737, 91-135
polyplast-us@pervouralsk.ru

WWW.POLYPLAST-UN.RU



СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО СКБ СТРОЙПРИБОР ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Лицензия Госстандарта РФ
на изготовление средств
измерений №000110-ИР

ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

ИПС-МГ4.01 / ИПС-МГ4.03

Измерители прочности бетона методом ударного импульса по ГОСТ 22690. Оснащены функциями ввода коэффициента совпадения Kс, типа контролируемого изделия, вычисления класса бетона B. Диапазон 3...100 МПа

ПОС-2МГ4П

Измеритель прочности ячеистых бетонов методом вырыва спирального анкера. Предусмотрена возможность корректировки результатов испытаний в зависимости от влажности бетона. Диапазон 0,5...8 МПа

ПОС-30(50)МГ4 "Отрыв"

Измерители прочности бетона методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690. Диапазон 5...100 МПа

ПОС-30(50)МГ4 "Скол"

Измерители прочности бетона методами скалывания ребра и отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690. Диапазон 5...100 МПа

ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

ДО-40(60)МГ4

Измерители силы натяжения высокопрочной арматуры классов Вр-II (В-II), К-7 методом поперечной оттяжки по ГОСТ 22362. Диаметр контролируемой арматуры 3...5 (6...9) мм

ЗИН-МГ4

Измеритель напряжений в арматуре частотным методом по ГОСТ 22362. Диаметр контролируемой арматуры 3...32 мм. Длина 3...18 мм

ПРИБОРЫ ДЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

ИТП-МГ4 "100/250"

Измерители теплопроводности и термического сопротивления материалов при стационарном режиме по ГОСТ 7078 и методом теплового зонда по ГОСТ 30256. Диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

ИТП-МГ4.03 "Поток"

Измеритель плотности тепловых потоков по ГОСТ 25380 пятиканальный с режимом самосисса (до 15 суток). Диапазон измерения: плотности тепловых потоков 5...999 Вт/м², температуры -30...+100°С

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ

ТГЦ-МГ4.01, ТЦЗ-МГ4.01

ТГЦ-МГ4.01 измеритель влажности и температуры воздуха с режимом самосисса (до 24 часов). Диапазон измерения влажности 0...99%, температуры -20...+85°С. ТЦЗ-МГ4.01 термометр цифровой зондовый одно- и двухканальный с режимом самосисса (до 15 суток) диапазон 30...+250°С

Влагомер-МГ4

МГ4Д - измеритель влажности древесины (13 видов) по ГОСТ 16588. МГ4Б - измеритель влажности бетона, кирпича (13 видов), древесины (13 видов) по ГОСТ 21718, 16588. МГ4Зонд - измеритель влажности сыпучих материалов. МГ4У - универсальная версия с настройками на древесину, бетон и сыпучие материалы. Диапазон измерения влажности 1...60%

ИПА-МГ4.01

Измеритель защитного слоя бетона, расположения и диаметра арматуры в ЖБ конструкциях по ГОСТ 22904. Диапазон измерения защитного слоя 3...150 мм при диаметре стержней 3...40 мм

ПСО-МГ4

Измеритель прочности сцепления (адгезии) защитных и облицовочных покрытий с основанием по ГОСТ 28089, 28574. Максимальное усилие отрыва 2,45/4,9/9,8 кН

Анемометр ИСП-МГ4.01

Измеритель скорости воздушных потоков и их температуры с режимом самосисса (до 24 часов) и вычисления расхода воздуха в вентиляционных системах. Диапазоны измерения: скорости потока 0,4...30 м/с, температуры -20...+100°С

Вибротест - МГ4+

Измеритель виброскорости, виброускорения, амплитуды и частоты колебаний виброустановок и др. объектов с режимом самосисса (до 25 часов). Диапазон измерения: частоты 2...1000 Гц, амплитуды 0,01...20 мм

Приборы сертифицированы, имеют автономное питание, энергонезависимую память результатов измерений, связь с ПК.

454084 г. Челябинск, а/я 8538, ул. Калинина 11-Г офис 5. тел/факс (351) 790-16-13, 790-16-85, в Москве (095) 964-95-63, 226-38-58 e-mail: stroypribor@chel.svyet.ru http://www.stroypribor.ru