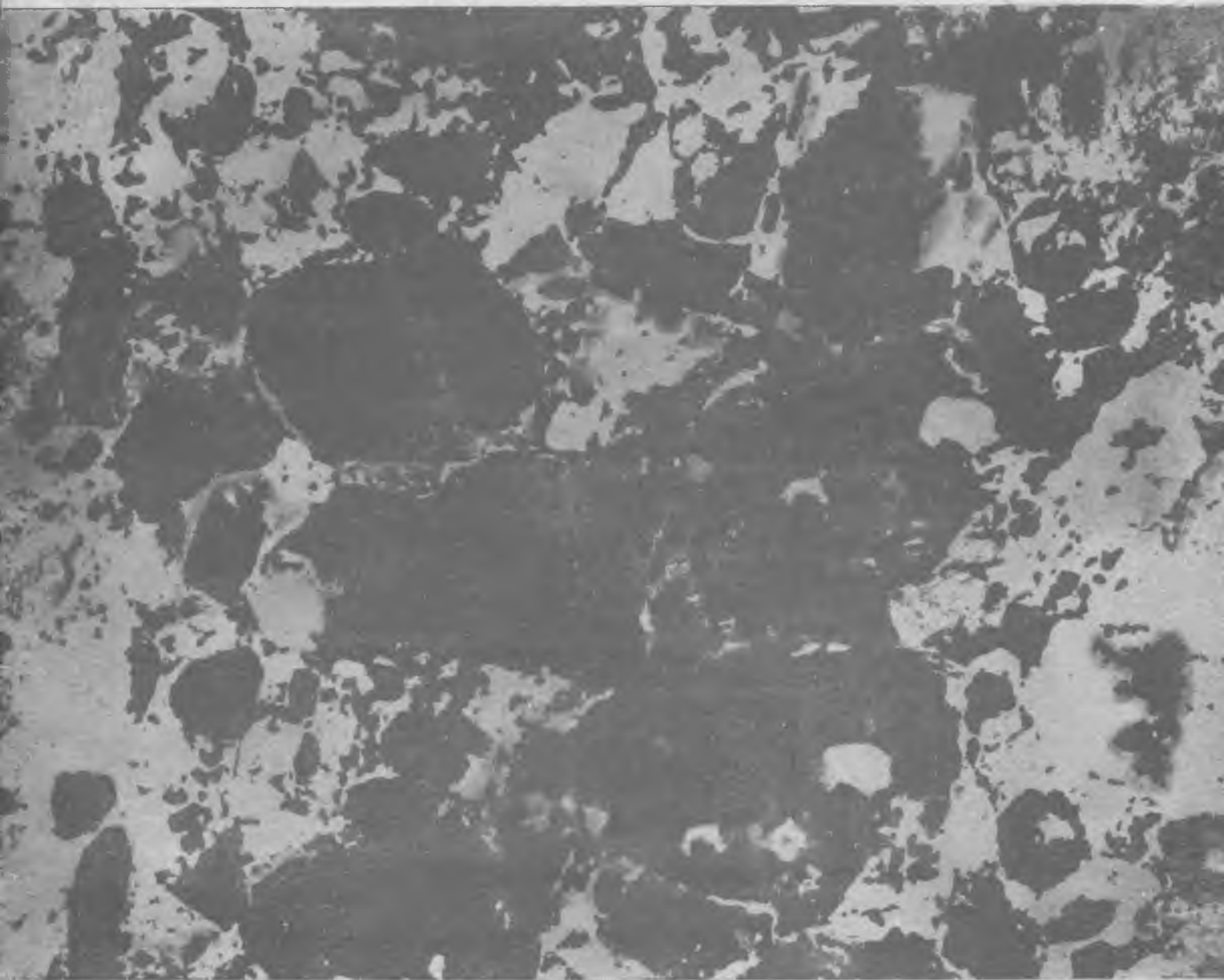


ISSN 0005-9889

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

4

1996





ЗЕЛАКС

тел. 530-10-01
факс 531-73-23

СТРОИМ

АНГАРЫ ДОМА ДАЧИ ГАРАЖИ БЫТОВКИ

Разнообразные проекты
Поэтапная оплата
Краткие сроки
Архитехнадзор
Страхование



«БОРОВИК»
(97 м²)



«МАЛЫШ»
(56 м²)



«ШАТЕР»
(53 м²)



«СИБИРЯК»
(157 м²)



«СТАНДАРТ»
(75 м²)



«МЫЗА»
(276 м²)



«СПИРАЛЬ»
(216 м²)



«СИЭТА»
(146 м²)



(из бруса, кирпича,
керамзитобетона,
щитовые)

Выполняем отделочные и кровельные работы, строим фундаменты и цокольные этажи со встроенными гаражами, саунами по индивидуальным проектам, кладем печи, обеспечиваем монтаж коммуникаций и оказываем другие услуги, связанные с индивидуальным строительством.

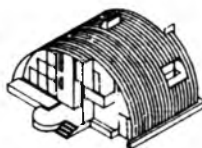
БЫСТРО! НЕДОРОГО! ПРАКТИЧНО!

АНГАРЫ

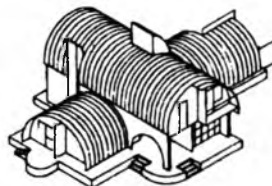
и другие
сооружения
на базе
самонесущих
арочных
конструкций



СКЛАДЫ
ДОМА



ЗДАНИЯ
БАССЕЙНЫ



АНГАРЫ
ГАРАЖИ

Ширина пролета - от 6 до 24 м, высота арки - от 4 до 9 м, шаг - 0.3 м, длина ангара, рамер и расположение ворот по желанию заказчика.

Арочные перекрытия изготавливаются из листового оцинкованного железа по новейшей американской технологии, имеющей преимущества по сравнению с традиционными технологиями: — не требуются опорные колонны, фермы, балки и прочее;

— все конструкции изготавливаются прямо на строительной площадке;

— минимальные затраты на транспорт;

— сроки строительства сокращаются в 10 раз, стоимость — в 2 раза ниже.

Условия поставки — поэтапная предоплата.

Срок монтажа — 2 недели для неутепленного и 3 недели для утепленного ангара.

Сроки даны без учета работ по возведению фундамента.

ПОКУПАЕМ и ПРОДАЕМ

Торговый Дом «ЗЕЛАКС и К^о» — это выставочный салон-магазин «СТРОИМ ДОМ», где можно заказать строительство индивидуального дома или приобрести необходимые для этого товары, материалы, комплектацию.

Мы работаем без выходных с 11-00 до 19-00.

Адрес: ВВЦ (ВДНХ) в доме «СИБИРЯК» на выставочной площадке выставки

«ЗАГОРОДНЫЙ ДОМ» (ориентиры: за павильоном «МОСКВА», колесо обозрения).

♦ Приглашаем к взаимовыгодному сотрудничеству по продвижению Вашей продукции.

♦ Обеспечиваем эффективный маркетинг и рекламу.

♦ Контактный телефон 187-98-32 (спросить «ЗЕЛАКС»), факс 240-43-94.

Учредители:
НИИЖБ, ВНИИжелезобетон, АК «ПолимоД»

СОДЕРЖАНИЕ

Стройиздат накануне юбилея	2
Конструкции	
<i>Волынский Б.Н., Лось А.А. Семченков А.С.</i> Рациональные решения стен крупнопанельных зданий в соответствии с новыми требованиями теплозащиты	4
Бетоны	
<i>Лагойда А.В., Гныря А.И., Подласова И.А., Дудка Б.В., Саркисов Ю.С.</i> Прогнозирование внутреннего неизо термического массопереноса на начальном этапе выдерживания бетона	7
Заводское производство	
<i>Граник В.Г.</i> Натяжение арматуры на внутренние упоры с наклонной опорной поверхностью	12
<i>Якимов А.И., Конев В.Н.</i> Температурный градиент при термообработке плит перекрытий	15
Использование промышленных отходов	
<i>Тотурбиев В.Д., Парамазова Ф.Ш.</i> Экологически чистая технология производства строительных материалов	16
Вопросы реконструкции и восстановления	
<i>Мукумов Т.</i> Глубинная инъекция трещин эксплуатируемых железобетонных пролетных строений мостов	17
Теория	
<i>Генцев Г.А., Курбатов А.С.</i> О влиянии продолжительности действия нагрузки на прочность материала	19
<i>Безгодов И.М.</i> О длительной прочности бетона	23
В порядке обсуждения	
<i>Подвальный А.М.</i> Об испытании бетона на морозостойкость	26
Библиография	
Книга об актуальных проблемах бетоноведения	30



СТРОЙИЗДАТ НАКАНУНЕ ЮБИЛЕЯ

Нынешний год — юбилейный для одного из старейших в России научно-технических издательств, крупнейшего государственного издательства по архитектурно-строительной тематике. В его учредителях — Комитет по печати и Министерство строительства Российской Федерации.

Основанный в далеком 1931 г. на базе редакции строительной литературы Государственного научно-технического издательства, СТРОЙИЗДАТ за долгие годы никогда не изменял своему назначению, постоянно шел в ногу со временем, отвечая на запросы читателей. И вот уже шесть с половиной десятилетий выпускаемые им книги освещают вопросы теории, истории, практики архитектуры; планировки и благоустройства населенных мест; защиты окружающей среды; реставрации памятников архитектуры; строительной механики; проектирования и расчета строительных конструкций; экономики и организации управления строительством; производства строительных материалов; фундаментостроения; гидротехники; инженерного оборудования населенных мест, зданий и сооружений; жилищно-коммунального хозяйства; городского транспорта; охраны труда и пожарной безопасности — т.е. все об архитектурном проектировании и строительстве.

На этих книгах воспитано не одно поколение архитекторов, дизайнеров, проектировщиков и инженеров-строителей. Многие студенты прошлых лет ныне стали известными учеными, заслуженными строителями, маститыми архитекторами и просто блестящими профессионалами. Те из них, кому есть чем поделиться с коллегами, выступают в качестве авторов, и уже сегодняшние студенты штудируют написанные ими учебники, а специалисты пользуются новыми справочниками, различными пособиями и научными изданиями.

Не секрет, что сегодня книжный рынок научно-технической литературы хаотичен и несбалансирован. Новой книге очень трудно дойти до своего читателя. И эта ситуация порождает парадоксы — строительные училища, техникумы и институты вынуждены разыскивать по библиотекам и частным собраниям учебную литературу, изданную Стройиздатом в прежние годы, в то время как единственное в стране издательство, выпускающее учебники и книги для будущих специалистов, практически лишено государственных субсидий, и даже рукописи, утвержденные в рамках Федеральной программы книгоиздания, пылятся в издательских портфелях, долго и чаще тщетно ожидая обещанных дотаций. Все это происходит на фоне настоящего строительного бума, когда наравне с освоением новых строительных площадок все большую актуальность приобретает проблема реконструкции и ремонта уже существующего жилого фонда и производственных помещений. Вновь создающиеся на гребне этого бума строительные компании нередко страдают от отсутствия специальной литературы, справочников, сборников строительных норм и правил, не имея понятия, где их можно приобрести, так как бедное государственное издательство не в состоянии анонсировать свою продукцию.

Несмотря на жесточайшие условия, в которых приходится работать научно-техническим издательствам, приятно сознавать, что подписчики все же по-прежнему регулярно получают выпускаемые издательством периодические отраслевые журналы — "Бетон и железобетон", "Водоснабжение и санитарная техника", "Жилищное строительство", "Жилищное и коммунальное хозяйство", "Механизация строительства", "Монтажные и специальные работы в строительстве", "Основания, фундаменты и механика грунтов", "Промышленное и гражданское строительство", "Стекло и керамика", которые оперативно и профессионально освещают все новейшие разработки в той или иной области строительства. Стройиздат продолжает стабильный выпуск традиционной литературы — учебных, научных, производственно-технических и научно-популярных изданий по строительству и архитектуре.

По-прежнему выходят в свет учебники, справочники, пособия, сборники сметных норм и правил, замечательные книги о русской и зарубежной архитектуре. Например, в 1995 г. изданы 64 книги и брошюры общим тиражом 1494,5 тыс. экз. Так, недавно вышел в свет уже четвертый том грандиозного, уникального по своему содержанию труда "Русское градостроительное искусство", который называется "Москва и сложившиеся русские города". Хочется отметить, что первые два тома этой серии ("Древнерусское градостроительство X—XV веков" и "Градостроительство Московского государства") по праву завоевали звания "Лучшего издания" соответственно 1993 и 1994 годов. А третий том ("Петербург и другие новые российские города") выдвинут на соискание этой почетной награды. Все эти фолианты представляют собой широкоформатные издания солидного объема в суперобложках с великолепными иллюстрациями. На их страницах собрано большое количество уникального, ранее нигде не публиковавшегося материала, как текстового, так и изобразительного, подробно повествующего об архитектурных и исторических корнях российских городов. Следует отметить, что тома из этой серии можно встретить не только на рабочих столах искусствоведов и архитекторов, но и в квартирах москвичей и провинциальной интеллигенции, интересующейся историей, архитектурой, иконографией и прикладным искусством России. Сему в немалой степени способствует тот факт, что эти роскошные издания, способные не только обогатить читателя духовно, но и безусловно украсить своим внешним видом книжные полки любой, даже самой фешенебельной квартиры, стоят в несколько раз меньше книг подобного класса, предлагаемых другими издательствами. Это радует и вселяет надежду на то, что работа ведется не зря, и такие серьезные и масштабные, с точки зрения популяризации нашего культурного наследия издания, постепенно находят своего заинтересованного читателя.

Стройиздат планирует печатание еще двух томов, завершающих серию: "Архитектура Москвы на рубеже XXI века. Девяностые годы" и "Архитектура Москвы XX века". За их судьбой следит сам мэр Москвы, издавший указ о выпуске обоих томов к августу 1997 г.

Кроме того, в планах издательства стоит выпуск оригинальной серии книг, объединенной общим, пока рабочим названием "Москва. Архитектурные стили". Предполагается, что это будут большеформатные, прекрасно оформленные издания о модерне, неоклассицизме и так называемом "советском классицизме", одним словом, обо всех направлениях в зодчестве, оказавших влияние на архитектурный облик нашей столицы.

Невозможно обойти молчанием еще один уникальный труд — масштабную отраслевую энциклопедию "Строительство и архитектура" в пяти томах, представляющую собой первое в отечественной практике издание, содержащее толкование более чем 12 тысяч терминов архитектурной и строительной тематики. Читатели, уже знакомые с первыми тремя томами этого профессионального справочного издания — "Инженерное оборудование зданий и сооружений", "Строительное производство", "Строительная индустрия и промышленность строительных материалов", — отмечают четкую, простую систему расположения статей и подробную расшифровку понятий и терминов не только при помощи текста, но и многочисленных рисунков, чертежей, конструктивных и технологических схем, которые доступны пониманию любого, от инженера до рабочего, желающего расширить свой профессиональный кругозор. Следующие два тома энциклопедии — "Архитектура и градостроительство", а также "Строительные конструкции" — готовятся к печати в самое ближайшее время.

Вероятно, не имеет смысла подробно рассказывать о всей литературе, предназначенной специалистам строительной отрасли. Достаточно упомянуть, что на сегодняшний день Ассортиментный кабинет издательства располагает более чем 150 наименованиями книг по вопросам теории и практики архитектуры, градостроительства и различных отраслей строительного производства, проблемам коммунального хозяйства и пожарной охраны. Невзирая на то, что на рынке специальной литературы стали появляться книги, близкие по тематике, они нередко представляют собой перепечатки старых стройиздатовских изданий, часто полны неточностей и ляпусов. В то же время отсутствие нареканий со стороны читателей Стройиздата во многом объясняется тем, что он всегда с большой ответственностью относился к подбору коллектива авторов, постоянно стремился поддерживать свою марку и имя, создававшиеся десятилетиями.

Московеды, все те, кто любит наш город и желает больше узнать о нем, уже по достоинству оценили книгу Я. Белицкого и Г. Глейзера "Москва незнакомая" и Л. Пирожникова "Камни Москвы рассказывают". Эти книги, содержащие краткие очерки об истории улиц, зарисовки быта москвичей, сопровождающиеся интересными иллюстрациями, охотно раскупаются преподавателями и школьниками, изучающими впервые введенный в школьную программу предмет — москвоведение. В продолжение этой темы в ближайшее время планируется выпуск архитектурного путеводителя по Москве, книги Т. Саваренской "Архитектурные ансамбли Москвы XV—XIX веков" и переиздание ставшего раритетом очерка И. Бондаренко "Красная площадь".

Стройиздат оказался одним из первых, обративших внимание на изголодавшихся по хорошей

книжке "строителей и ремонтников поневоле" — дачников, домашних водопроводчиков, слесарей-сантехников и даже мебельщиков. Все эти полезные книги и плакаты научили многих клеить обои и красить полы, настилать паркет, работать с деревом, стеклом и правильно подбирать составы бетона, строить баню и складывать камин.

Идя навстречу пожеланиям читателей, издательство постоянно расширяет ассортимент книг для полезного досуга. Это всегда пользуется широким интересом книги известного популяризатора строительных навыков А.М. Шепелева "Колодцы и погреба", "Справочник домашнего мастера", "Как построить сельский дом" и т.д. Здесь же можно назвать "Раздвижные перегородки, двери и солнцезащитные устройства" и "Лесница вашего дома" Б. Зингера, "Домашний умелец" В. Горбанева, "На садовом участке" В. Гостева, "Что делать со сточными водами" С. Погудиной, "Столярное дело" Г. Кулебакина, а также "Баня: книга о том, как построить баню и некоторые советы по пользованию ею" В. Сафина. Это всего несколько названий из широкого перечня изданий, призванных стать подспорьем для "рукастых мужиков".

Даже осваивая не совсем привычную для себя роль издателя детской литературы, Стройиздат остается верен своей тематике. Книга А. Миллард "Как жили люди", выполненная на великолепном полиграфическом уровне в Финляндии, со множеством цветных иллюстраций, в доступной форме знакомит младших школьников с историей жилища от древности до наших дней. Возможно, эта книга станет первым "введением в специальность" для будущих строителей и архитекторов.

Что же касается ценовой политики Стройиздата, то она ограничена рамками, так сказать, разумной достаточности, т.е. цены на книги не должны "кусать" специалистов, желающих приобрести нужную литературу, и покрывать в то же время затраты на выпуск книжной продукции. Так, идя навстречу пожеланиям читателей, в здании издательства создан Ассортиментный кабинет, где цены на книги доступны всем желающим, в то время как в других торговых точках и на уличных лотках их стоимость может быть в несколько раз выше.

В заключение следует отметить, что сегодня каждое издательство вынуждено искать свою нишу на рынке сбыта книжной продукции, причем особенно трудно приходится государственным издательствам, выпускающим малотиражную техническую и научную литературу. Создание хорошей книги, к сожалению, зависит не только от работы издателей, но и от совместных усилий бумажников и полиграфистов, которые нередко оказываются слабым звеном в общем процессе книгоиздания. Однако невзирая на невероятно сложные финансовые условия, Стройиздат по-прежнему будет стремиться делать все от него зависящее, чтобы учащиеся, студенты и специалисты различных отраслей строительного комплекса, а также домашние мастера смогли получить так необходимую им сегодня литературу.

Нынешняя политика издательства по-прежнему направлена на строгий подбор авторитетного и компетентного авторского состава, сохранение коллектива квалифицированных сотрудников и выпуск книг, качество которых соответствует марке Стройиздата.

Рациональные решения стен крупнопанельных зданий в соответствии с новыми требованиями теплозащиты

СНиП II-3-79*, утвержденный в 1995 г. Минстроем России, содержит совокупность требований, направленных на проектирование и строительство зданий с эффективным использованием энергоресурсов при обеспечении комфортных условий пребывания в них. Решать задачу возведения экономичных энергосберегающих зданий с повышенным уровнем их теплозащиты лишь путем утолщения наружных стен или их утеплителя не представляется возможным. Здесь требуется реализация новых конструктивных решений как самих наружных стен, так и узлов их сопряжений с другими элементами зданий.

Поясним сказанное рядом примеров из практики строительства крупнопанельных жилых зданий в Московской области, где 11 заводов крупнопанельного домостроения возводят в основном жилые дома трех серий с трехслойными стенами из керамзитобетона и пенополистирольных плит и с жесткими связями в виде ребер. В серии 303 толщина стены 325 мм, а толщина утеплителя 50 мм при плотности бетона до 1000 кг/м^3 ; в сериях 90 и 121 общая толщина стены 350 мм, утеплителя 100 мм, а плотность бетона 1400 кг/м^3 (рис. 1).

Панели всех этих серий, применявшиеся в строительстве до 1995 г., не удовлетворяют требованиям, предъявляемым СНиП II-3-79* к сопротивлению ограждающих конструкций теплопередаче. Расчеты показали, что переход на новые конструкции панелей с увеличенной толщиной утеплителя связан с кардинальной заменой всей оснастки для их изготовления. Поэтому весьма актуальной стала задача

повышения сопротивления теплопередаче наружных стен при условии их изготовления в имеющихся на ДСК формах.

Прямое увеличение толщины утеплителя за счет уменьшения толщины внутреннего слоя панели ожидаемого эффекта не дали в силу значительных теплопотерь в стыковых соединениях панелей с плитами перекрытий. Утоньшение верхней части панели из-за опирания на нее плит перекрытий (см. рис. 1), интенсивное армирование перемычной зоны панели и обусловленные этим сложности с расположением утеплителя в этой зоне — все это приводит к идее отказа от организации опирания плит перекрытий на наружные стены. Поэтому в проект ГОСТ России "Панели и блоки наружные и стенные бетонные и железобетонные. Общие технические условия" введены понятия

"самонесущие стены" и "навесные панели".

Трехстороннее опирание плит перекрытий на панели внутренних стен не вызывает сколько-нибудь заметного повышения расхода арматуры в плитах перекрытий, так как их размеры (3х6 м) определяют возникновение максимальных усилий вдоль короткой стороны. Зато существенно улучшается конструкция горизонтального стыка панелей (без платформенной его части), появляется возможность свободного размещения утеплителя в верхней (бывшей перемычной) зоне панелей (рис. 2).

Реализация такого конструктивного решения достигается с минимальной модернизацией оснастки для изготовления плит перекрытий и панелей наружных стен: установка вкладыша в касету для изготовления плит с целью их укорочения на 10 см; исключение вкладыша в бортовом элементе формы для изготовления стеновой панели с целью ликвидации в ней выреза для опирания плиты перекрытия. При этом сохраняются конструкции узлов крепления наружных стен к плитам перекрытий с помощью арматурных выпусков (см. рис. 2), что обеспечивает создание единой пространственной системы продольных и поперечных стен в здании, объединенных между собой дисками перекрытий.

Осуществление безопорного сопряжения панелей наружных стен с плитами перекрытий с увеличением толщины утеплителя стен до 100 мм (при керамзитобетоне плотностью до 1000 кг/м^3) позволяет решить проблему возведения крупнопанельных

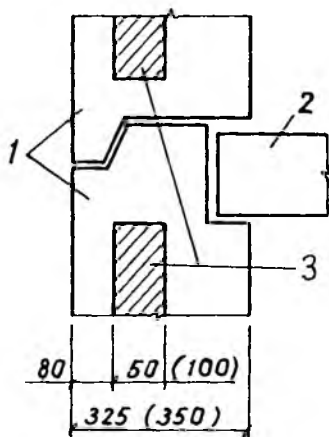


Рис. 1. Горизонтальный стык панелей серий 303, 90 и 121
1 — панели; 2 — плита перекрытия; 3 — утеплитель

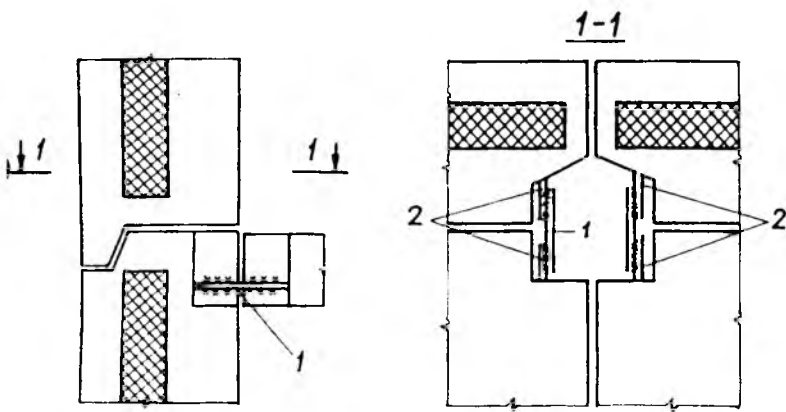


Рис. 2. Усовершенствованный узел сопряжения панелей стен и плит перекрытий
1 — привариваемые монтажные связи; 2 — арматурные выпуски

нельных зданий, ограждающие конструкции которых имеют приведенное сопротивление теплопередаче выше $R_{тр}^0$ по СНиП II-3-79 (исходя из требований энергосбережения для первого этапа). Сказанное в полной мере относится и к железобетонным панелям с гибкими связями.

При проектировании и строительстве зданий, теплофизические свойства которых должны отвечать требованиям второго этапа, необходимо увеличить толщину утеплителя в наружных железобетонных трехслойных панелях до 150 мм и до 250 мм в легкобетонных панелях с термовкладышами. При этом весьма целесообразным представляется переход на конструкцию плоского стыка в горизонтальном сопряжении панелей наружных стен (рис. 3). Применение плоского горизонтального стыка имеет ряд важных преимуществ по сравнению с традиционным для жилых зданий стыком с противодождевым гребнем. К их числу можно отнести следующие:

существенно упрощаются конструкция изделий, их армирование, распалубка и конструкция стальных форм для изготовления стеновых панелей;

повышается качество самих панелей (хорошо известны частые случаи отколов в выступающем "зубе" панелей при их распалубке и транспортировании);

легкая доступность к зоне стыков в случае необходимости их ремонта;

увеличение на 10—15% сопротивления панели теплопередаче.

В пользу применения плоских стыков свидетельствует широкая многолетняя практика строительства и эксплуатации крупнопанельных общественных и жилых зданий с такими стыками, в том числе и с изделиями серии 1.090.1-1.

С точки зрения наиболее полного соответствия требованиям сложившейся заводской технологии, следует считать конструктивное решение трехслойных железобетонных стеновых панелей с железобетонными шпонками, являющимися жесткими связями (рис. 4). Расчеты прочности таких панелей, данные об исследовании теплотехнических качеств и коэффициентов их теплотехнической однородности, а также имеющийся опыт применения в полносборном и монолитном домостроении свидетельствуют о перспективности использования стеновых ограждений такой конструкции.

Говоря о трехслойных железобетонных панелях, следует иметь в виду, что толщина наружного слоя панели определена конструкцией ее горизонтальных стыков. Это обстоятельство позволяет получать различные рельефные решения фасадных поверхностей панелей за счет утоньшения их наружных слоев за пределами стыков. При этом используют съемные матрицы, устанавливаемые на поддонах форм, — прием, широко прак-

тикуемый при строительстве общественных зданий с изделиями серии 1.090.1-1.

Исключение наружных стен из системы конструкций, воспринимающих нагрузки от перекрытий зданий, позволяет осуществлять проектирование и строительство качественно новых типов сборных многоэтажных зданий. Конструктивной основой их служит система продольных и поперечных внутренних стен, объединенных плитами перекрытий. При этом ограждающие конструкции можно выполнять с применением самых различных материалов, таких, как эффективная кладка из кирпича, крупных и мелких блоков из легкого и мелкозернистого поризованного бетона или гипса. Конструкции могут быть сплошного или пустотного сечения, с термовкладышами или легким наполнителем из природных органических отходов (арболит, фибролит) или полистирольных гранул.

Особое место занимают блоки из автоклавного и экономичного безавтоклавного поризованного мелкозернистого бетона плотностью 400—700 кг/м³ и пониженной влажностью. Эти блоки могут применяться в самонесущих однослойных стенах зданий до 4—5 этажей (для первого и второго этапов). При этом толщина стен не превышает 50 см, а повышенная паропроницаемость и гигроскопичность придают этому материалу санитарно-гигиенические свойства, близкие к древесине.

Применение в качестве перекрытий многопустотных плит пролетом 7,2—9,6 м позволяет возводить здания со свободной планировкой помещений и многоуровневым расположением квартир, с возможным устройством эркеров, балконов и лоджий. Таким образом достигается органическое сочетание принципов полносборного строительства с практически ничем не ограничиваемой свободой выбора различных объемно-планировочных и фасадных решений зданий и преодолением самого главного недостатка крупнопанельных зданий — их однообразия.

Следует отметить, что на внешние слои панелей, особенно

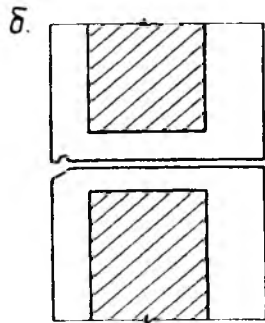
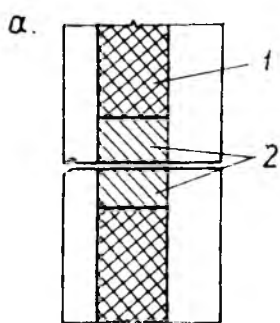


Рис. 3. Плоские стыки трехслойных железобетонных панелей (а) и легкобетонных панелей с термокладышами (б)
1 — пенополистирол; 2 — негорючий утеплитель

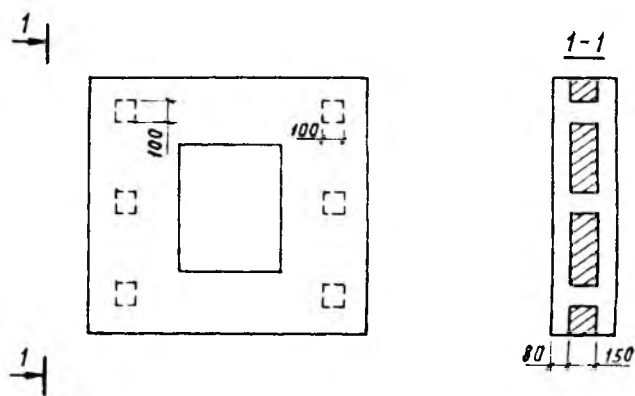


Рис. 4. Конструкция панели со связями в виде шпонок

из легкого бетона, приходится более половины стоимости и энергозатрат на стены. Более экономичны внешние слои из поризованного мелкозернистого бетона объемным весом 800—1800 кг/м³.

В течение срока службы здания 50—100 лет утеплитель в стенах придется менять. Поэтому надо шире внедрять весьма экономичные навесные панели с тонкими внешними слоями из асбестоцемента, цементно-стружечных плит, армостеклофибробетона, водостойкой фанеры и гипсокартонных листов на деревянном металлическом или асбе-

стоцементном каркасе. Утеплителем в таких панелях могут служить маты и плиты из стекловаты, шлаковаты, базальтового волокна, торфа, а также эквата, ячеистый бетон и арболит плотностью менее 300 кг/м³, засыпки из перлита и вермикулита. Легкие трехслойные панели удобны и как переносные перегородки, что особенно важно при свободной планировке квартир.

Таким образом, новые конструктивные решения, в наибольшей степени отвечающие требованиям повышения теплозащиты зданий, рассматриваются в двух аспектах — совершенствование конструкций панелей наружных стен, а также создание новых типов зданий с конструктивной основой из панелей внутренних стен и с наружными

стенами из эффективных мелкоштучных материалов или легких навесных панелей. Оба направления весьма перспективны при решении всего комплекса задач, связанных с проектированием и строительством крупнопанельных жилых и общественных зданий нового поколения.

Институтом Мосгражданпроект совместно с НИИЖБом проведена работа по проектированию и исследованию новых конструктивных решений, реализация которых будет проводиться на одном из ДСК Московской области.

Все заинтересованные организации приглашаются к сотрудничеству.

Наши телефоны: 333-84-65,
174-75-17.

* Семченков А.С. Энергосберегающие ограждающие конструкции зданий // Бетон и железобетон. — 1996. — № 2. — С. 6—9.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР "ЗДАНИЯ" АО ЦНИИС

Предлагает новую эффективную конструкцию и технологию изготовления трехслойных панелей с дискретными связями из тяжелого и легкого бетонов, отвечающих повышенным нормативным требованиям по теплозащите. Для организации производства этих панелей используется существующий парк формоснастки.

Перерабатывает проекты для применения этой технологии.

Обеспечивает научно-техническое сопровождение как при проектировании, так и при обработке технологии изготовления этих ограждающих конструкций.

В качестве Испытательного центра зданий и сооружений (свидетельство № РТМ 20.084) проводит работы по контролю качества строительно-монтажных работ, материалов и конструкций.

Выполняет обследования технического состояния зданий и сооружений и разрабатывает меры по усилению строительных конструкций.

Наш адрес: 129329 Москва, ул. Кольская, 1, НИЦ "Здания" АО ЦНИИС
т. (095) 180-41-95 (095) 180-73-27 факс (095) 180-10-75

А.В. ЛАЙГОДА, д-р техн.наук, проф. (НИИЖБ), А.И. ГНЫРЯ, д-р техн.наук, проф., И.А. ПОДЛАСОВА, канд.техн.наук, Б.В. ДУДКА, канд.физ.-мат.наук, Ю.С. САРКИСОВ, канд.хим.наук (Томская ГАСА)

Прогнозирование внутреннего неизоэтермического массопереноса на начальном этапе выдерживания бетона *

При описании в дальнейшем изотермического и неизоэтермического массопереноса имелось в виду капиллярное течение жидкости, вызванное градиентами влажности и температуры соответственно. Суммарный поток представляется в виде:

$$J_m = J_u^T - J_u \quad (17)$$

где: J_u^T и J_u - термокапиллярный и капиллярный потоки, направленные противоположно, так как исходные влажность и температура бетона одинаковы по сечению.

Очевидно, что ограничение только двумя потоками снижает точность принятой модели. В действительности несомненно присутствие всех других потоков жидкости (термоосмотического, самодиффузионного, осмотического, комбинированного и др.), хотя бы в небольших количествах. Однако высокая влажность и другие структурные особенности рассматриваемой системы позволяют сделать эти допущения и определить параметры потоков расчетным путем.

На основании механизма массопереноса капиллярное движение влаги в свежетоформованном бетоне рассматривали

как фильтрацию под действием градиента приложенного давления. Роль величины P в формуле (3) согласно механизму массопереноса будет играть капиллярное давление, вызванное градиентом температуры или влажности:

$$\begin{aligned} \delta P / \delta T &= (P/G) (\delta G / \delta T), \\ \delta P / \delta U &= (P/r) (\delta r / \delta U). \end{aligned} \quad (18)$$

Принимая, что коэффициенты переноса - скорости фильтрации, вызванные перепадом температуры 1°С и влажности 1% соответственно, получим:

$$D_T = K(P/G) (\delta G / \delta T), \quad (19)$$

$$D_U = K(P/r) (\delta r / \delta U). \quad (20)$$

Таким образом, причиной миграции влаги в рассматриваемой модели является одна и та же величина - градиент капиллярного давления. В случае воздействия температуры он обусловлен разностью поверхностного натяжения, а при появлении градиента влажности - изменением радиуса капилляров (рис. 1).

Зависимость поверхностного натяжения от температуры рассчитывали по линейной функции:

$$G = G_0 (1 - nT), \quad (21)$$

где: G_0 - поверхностное натяжение воды при 0°С; n - коэф-

фициент, характеризующий изменение поверхностного натяжения при изменении температуры на 1°С.

Тогда величина давления, возникающего при изменении температуры, после дифференцирования (18) составит:

$$\delta P / \delta T = (-nG_0) (P/G). \quad (22)$$

Зная, что поверхностное натяжение воды при 0°С равно 75,5 мН/м и заменяя $P = 2G/r$, получим:

$$\delta P / \delta T = 0,151n/T. \quad (23)$$

Аналогично найдем выражение для $\delta P / \delta U$. В этом случае переменной величиной является радиус капилляра при постоянной температуре. Так как аналитически функцию $r(U)$ из-за

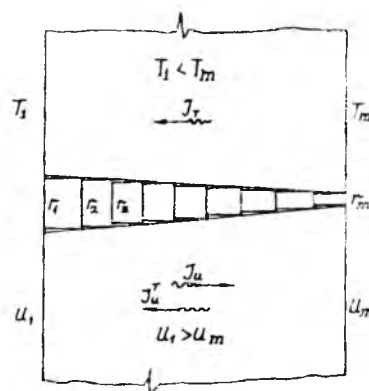


Рис. 1. Схема расчета коэффициентов массопереноса

J_T - тепловой поток, J_u , J_u^T - изотермический и неизоэтермический потоки жидкости, U - влагосодержание, T - температура, r - радиус капилляра

* Окончание. Начало см. в № 3, 1996 г.

использования табличной зависимости $m(\varphi)$ выразить сложно, производную $\delta r/\delta U$ заменили соответствующим отношением разностей:

$$\delta P/\delta U = (2G/r^2) (\delta r/\delta U) = (2G_0/r^2) (1-nT) [r(U_1) - r(U_2)] / (U_1 - U_2), \quad (24)$$

где: $r(U_1), r(U_2)$ - радиусы капилляров, соответствующих влажностям U_1 и U_2 .

В работах, посвященных миграции влаги в пористых средах, отмечается отклонение от закона Дарси при увеличении влажности. Это явление связывают с сопротивлением потоку жидкости, обусловленным поверхностными силами частиц скелета [1, 13]. Очевидно, что взаимодействие частиц цемента с водой ярко выражено. Поэтому для системы "цемент-вода" его учитывали величиной α , зависящей от влагосодержания (В/Ц) цементной пасты. В результате анализа различных математических функций $\tilde{\alpha}$ и экспериментальных данных [6, 7] установлено, что в цементных пастах целесообразнее применять экспоненциальный вид зависимости сопротивления от влажности:

$$\alpha = U_{m1n} \exp(N_1/H_{m1n}), \quad (25)$$

где: U_{m1n} - величина, характеризующая минимальную водоудерживающую способность цемента; N_1 - толщина сольватной оболочки; H_{m1n} - то же, соответствующая U_{m1n} ; значения U_{m1n} и H_{m1n} конкретны для каждого цемента.

Зная структурные характеристики цемента (пористость,

проницаемость, средний радиус капилляра), можно получить U_{m1n} , используя безразмерную функцию Лаверетта, одну из характеристик пористого тела [1]:

$$j(\Omega) = (P_3/G) (k/m)^{1/2}. \quad (26)$$

Заменяя $P/G=2/\gamma$, а также k и m через известные величины ρ_1 и K_{nr} , характеризующие конкретный цемент, получим:

$$j(\Omega) = 7,36 / (1 + 0,876 K_{nr} \rho_1 / \rho_3 - 0,255 K_{nr} \rho_1 / \rho_3)^{1/3}. \quad (27)$$

Величина U_{m1n} соответствует $j(\Omega)=0$. Тогда:

$$U_{m1n} = 0,255 K_{nr} (\rho_1 / \rho_3) (1 + 0,876 \rho_1 / \rho_3). \quad (28)$$

Толщину оболочки H_{m1n} определили из формулы [В]:

$$U = (2,25 V_2 \rho_2) / (\pi \rho_1 r_1^3), \quad (29)$$

где: r_1 - радиус частицы цемента.

$$\begin{aligned} \text{Тогда: } H_{m1n} &= (d_2 - d_1) / 2, \\ d_2 &= d_1 [(V_2 + V_1) / V_1]^{1/3}, \quad (30) \\ V_2 &= 0,99 r_1^3 U_{m1n} (\rho_1 / \rho_2). \quad (31) \end{aligned}$$

Таким образом, параметр α отражает степень инертности системы процессу массопереноса. При повышении влагосодержания сопротивление стенок капилляра потоку влаги увеличивается за счет понижения плотности сольватных оболочек. Окончательные формулы для расчета коэффициентов массопереноса примут вид:

$$\begin{aligned} D_u &= (k/\alpha \mu) (\delta P/\delta U), \\ D_T &= (k/\alpha \mu) (\delta P/\delta T). \quad (32) \end{aligned}$$

Величины D_u и D_T , рассчитанные по формуле (32), имеют порядок $10^{-3} - 10^{-4}$ м²/ч и $10^{-5} - 10^{-6}$ м²/(ч.°С) соответственно, что совпадает с экспериментально полученными

значениями [6, 7]. Коэффициенты максимальны при более низких В/Ц и уменьшаются с ростом этого отношения.

Результатом вышеизложенных рассуждений является модель внутреннего неизоэтермического массопереноса влаги в системе "цемент-вода". Она базируется на следующих ограничениях и предположениях:

- внешний массообмен отсутствует;

- цементная паста представляет собой систему шарообразных частиц одинакового размера, упаковка которых определяется влагосодержанием системы;

- на рассматриваемом этапе взаимодействие цемента с водой обусловлено адсорбционными силами;

- перемещение влаги в неизоэтермических условиях происходит в основном под действием градиента капиллярного давления и рассматривается как аналог процесса фильтрации.

Хотя модель предусматривает возможность изменения теплофизических характеристик, на рассматриваемом этапе они принимались постоянными.

Область применения модели ограничена действием выбранного механизма массопереноса: по температуре - от температуры замерзания раствора затворения до 90°С, по влажности - от максимальной гигроскопичности до максимальной водоудерживающей способности цемента, по времени - перио-

дом, когда цементная система находится на стадии вязкопластичного состояния.

Уравнения (1,2) решались при следующих начальных и граничных условиях:

$$\begin{aligned} x > 0: \tau = 0; U = U_0(x); T = \xi_1(x) \\ x = 0,1: \tau > 0; \delta(D_U \partial U / \partial x + \\ + D_T \partial T / \partial x) / \partial x = 0 \end{aligned} \quad (33)$$

$$[\alpha_0(\tau)T + \lambda_0(\tau)(\partial T / \partial x)]_{x=0} = \gamma_0(\tau)$$

$$[\alpha_1(\tau)T + \lambda_1(\tau)(\partial T / \partial x)]_{x=1} = \gamma_1(\tau)$$

где: α_0, α_1 - функции, определяющие коэффициент теплоотдачи с учетом термического сопротивления опалубки; λ_0, λ_1 - функции, определяющие теплопроводность смеси; γ_0, γ_1 - функции, определяющие температуру окружающей среды.

Дифференциальные уравнения второго порядка (1,2) решались методом конечных разностей по чистонейвной шеститочечной схеме с последующим решением системы линейных уравнений методом прогонки. Исходная информация для их решения включает в себя 23 параметра, характеризующих теплофизические свойства материала, условия окружающей среды, качество цемента, а также геометрические размеры конструкций. В результате анализа степени влияния различных факторов на процесс массопереноса в бетоне были установлены две их группы,

определяющие интенсивность теплообмена и массопроводные коэффициенты.

Первая группа параметров,

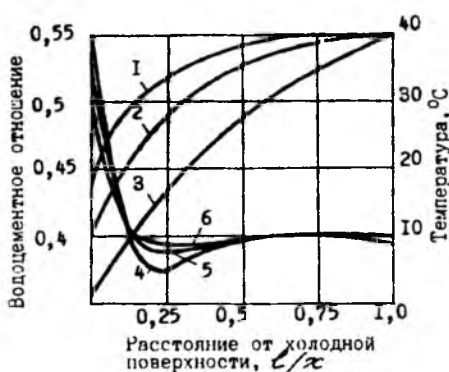


Рис. 2. Распределение температуры (1—3) и влаги (4—6) через 4 часа одностороннего охлаждения стены толщиной $l = 0,8(1,4), 0,5(2,5)$ и $0,3$ м (3,6). Бетон с $B/C = 0,4$ приготовлен на цементе с $K_{нг} = 0,25(1—3)$ и $S = 0,3$ м²/г

в которую входят: коэффициент теплопередачи опалубки, температура окружающей среды и бетона начальная, температура- и теплопроводность смеси, формирует градиент температуры по сечению конструкции. Известно, что с его ростом интенсивность массопереноса возрастает.

Значение температурного градиента в бетоне определяют чаще всего как частное от деления перепада температуры в центре и на поверхности конструкции на расстояние между этими точками. Однако бетон - достаточно теплоемкий материал и линейное распределение температуры по сечению характерно только для тонкостенных конструкций при значительном температурном перепаде. В остальных случаях для вычисления градиента температуры необходимо знать все температурное поле, как правило, неравномерное. Тогда, в зависимости от размера конструкции,

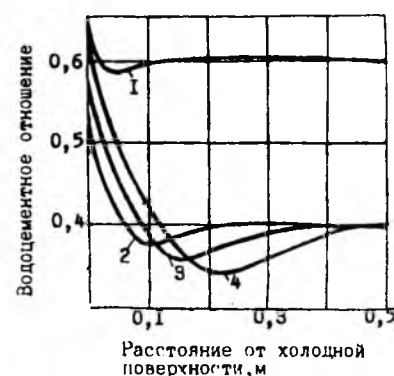


Рис. 3. Распределение влаги через 4 часа одностороннего охлаждения стены из бетона с $B/C = 0,4$ (2—4) и $0,6$ (1), приготовленного на цементе с $K_{нг} = 0,25(1—3)$ и $0,28(4)$, с $S = 0,28(2)$ и $0,3$ м²/г (1,3,4)

скорость изменения теплового потока, а значит, и массопереноса, будет разной. Как видно из расчетных данных рис. 2, миграция влаги в поверхностных слоях остывающих массивных бетонных конструкций выражена ярче, чем в среднемассивных и тонкостенных, для которых распределение температуры по сечению более равномерно.

Ко второй группе относятся факторы, определяющие формирование структуры цементного камня: B/C , $K_{нг}$ и S .

Влияние этих параметров на массоперенос связано с изменением толщины сольватных оболочек на частицах цемента: с их уменьшением увеличивается капиллярный потенциал, снижается сопротивление потоку влаги. Поэтому с ростом B/C , уменьшением $K_{нг}$ и S уменьшается и массоперенос. Эти выводы хорошо видны из данных рис. 3, также получен-

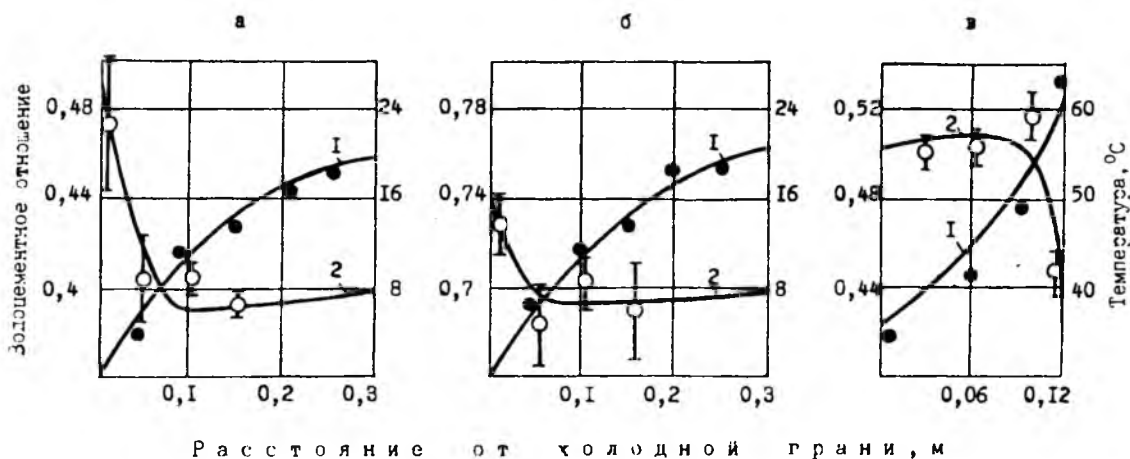


Рис. 4. Расчетные (1,2) и экспериментальные (*, о) значения температуры (1, *) и влагосодержания (2, о) цементно-песчаного раствора с В/Ц = 0,4 (а) и 0,7 (б), бетона с В/Ц = 0,5 (в)

ных расчетом по разработанной методике.

Экспериментально внутренний неизоэнтальпический массоперенос изучался на образцах цементно-песчаного раствора и бетона составов 1:2:0:0,4; 1:4:0:0,7 и 1:1,5:2:2:0,5 (цемент:песок:щебень:вода) по массе как при охлаждении, так и при нагревании образцов. В опытах использовался портландцемент с $K_{н.г.} = 0,25$ и $S = 0,29 \text{ м}^2/\text{г}$.

При одностороннем охлаждении температурный градиент $1-2^\circ\text{C}/\text{см}$ (в горизонтальном направлении) по длине образца создавался сразу после укладки цементно-песчаной смеси в тепло- и влагоизолированную форму размером $0,1 \times 0,1 \times 0,3 \text{ м}$. Температурное поле по сечению фиксировалось при помощи хромель-алюмелевых термопар. По истечении 4-часового неизоэнтальпического выдерживания из центральной части образца отбирались пробы, влажность которых определялась весовым

методом путем высушивания с последующим прокаливанием.

Для исследования массопереноса в бетоне при одностороннем нагревании применялся нейтронный влагомер, обеспечивающий экспрессное (1-3 мин) определение массовой доли влаги и динамику ее изменения без разрушения образца. Измерения производились на образцах свежесушеного бетона размером $0,15 \times 0,2 \times 0,4 \text{ м}$. Температура фиксировалась хромель-копелевыми термопарами. За время эксперимента (2 часа) в центре она не поднималась выше 60°C , а максимальный градиент температуры составлял $2-2,5^\circ\text{C}/\text{см}$.

Для определения влияния массопереноса на структуру из цементно-песчаных образцов, охлаждаемых в течение 4 часов, отбирались пробы из поверхностного и центрального слоев образца спустя 28 суток выдерживания его в нормальных условиях. После этого определялась их пористость, удель-

ная поверхность пор и плотность. Пористость и удельная поверхность пор измерялись на объемной адсорбционной установке методом низкотемпературной адсорбции. Плотность проб (кажущаяся) измерялась путем определения массы проб образцов взвешиванием и их объема по вытеснению воды из мерного сосуда (предварительно пробы покрывались слоем парафина).

На рис. 4 приведены рассчитанные и полученные путем измерений значения водоцементного отношения и температуры для вышеописанных опытов, причем в качестве экспериментальных данных во всех случаях приведены среднеарифметические значения шести параллельных проб. Как видно, экспериментальные значения влажности не противоречат расчетным. Среднеквадратичная погрешность m' и дисперсия D' расчетных от экспериментальных данных составили соответственно $m' = 0,02$ (В/Ц) или

Т а б л и ц а 2

В/Ц	Место отбора пробы	$V, \text{см}^3/\text{г}$	$S', \text{м}^2/\text{г}$
0,4	поверхность	0,0153	12,02
	центр	0,0106	6,31
0,7	поверхность	0,0151	8,55
	центр	0,0124	8,26

5% относительной величины, $D'=0,012$ (В/Ц).

Интенсивность массопереноса в образцах состава с В/Ц=0,7 намного ниже, чем в образцах состава с В/Ц=0,4, что подтверждает зависимости $D_T(U)$ и $D_U(U)$. Точность экспериментальных данных: среднеквадратичная погрешность $m'=0,036$ (В/Ц) или 9% относительной величины, $D'=0,0012$ (В/Ц).

Значения общей пористости V и удельной поверхности пор S' представлены в табл. 2. Из полученных данных видно, что величина измеряемых характеристик для состава с В/Ц=0,4 в поверхностном слое на 50-100% больше, чем в центральном слое, в то время как для состава с В/Ц=0,7 такое превышение находится в пределах 4-30%.

Изменения плотности по длине образцов оказались менее выраженными и составили 18-20% для состава с В/Ц=0,4 и 3-5% для состава с В/Ц=0,7. Видимо, связано это с тем, что плотность - величина менее чувствительная к изменению структуры, чем пористость.

Оценивая изменения в структуре образцов в целом, можно отметить, что распределение пористости и плотности

по их сечению пропорционально неоднородности поля влагосодержания в начальный период выдерживания бетона. Поскольку прочность является функцией плотности и пористости [14], следовательно, распределение прочности по сечению образца будет также неравномерно.

Таким образом, полученный метод расчета влажностных полей в свежотформованном бетоне позволяет определить распределение влаги по сечению конструкций и изделий в зависимости от основных факторов, определяющих процесс массопереноса. При его помощи возможно, не прибегая к эксперименту, количественно оценить влияние одного или нескольких факторов на распределение влаги в конструкции, а также прогнозировать состояние структуры затвердевшего бетона. При этом отклонение расчетных значений от измеренных не превышает 10%, что позволяет судить о надежности решения поставленной задачи.

Библиографический список

1. Лыков А. В. Теплообмен. -М.: Энергия, 1978. - 480 с.
2. Лагойда А. В. О массопереносе и замораживании бетона в раннем возрасте //Бетон и железобетон. -1994. -№ 6. -С. 7-10.
3. Глобус А. М. Физика изотермического внутрисочвенного влагообмена. -Л.: Гидрометеоиздат, 1983. -280 с.
4. Никитина Л. М. Термодинами-

ческие параметры и коэффициенты массопереноса во влажных материалах. -М.: Энергия, 1954. -500 с.

5. Пауэрс Т. Физические свойства цементного теста и камня //Четвертый международный конгресс по химии цемента. -М.: Стройиздат, 1964. -С. 402-438.

6. Волосян Л. Я. Тепло- и массообмен при термообработке бетонных и железобетонных изделий. -Минск: Наука и техника, 1973. -256 с.

7. Малинина Л. А. Тепловлажностная обработка тяжелого бетона. -М.: Стройиздат, 1977. -159 с.

8. Чураев Н. В. Физико-химия процессов массопереноса в пористых телах. -М.: Химия, 1990. -272 с.

9. Ахвердов И. Н. Основы физики бетона. -М.: Стройиздат, 1981. -464 с.

10. Лейбензон Л. С. Собрание трудов. -Т. 2. -М.: Наука, 1953. -544 с.

11. Scheidegger A. E. Statistical theory of flow through porous media //Transactions of the Society of Rheology. -1965. -Vol. 9. -N1. -P. 313-319.

12. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии. -Л.: Химия, 1984. -368 с.

13. Федякин И. Н. О движении жидкости в микрокапиллярах //Журнал физической химии. -1962. -Т. 36. -N 7. -С. 125-127.

14. Шейкин А. Е., Чеховский Ю. В., Бруссер М. И. Структура и свойства цементных бетонов. -М.: Стройиздат. -1979. -344 с.

Натяжение арматуры на внутренние упоры с наклонной опорной поверхностью

Комплексная разработка предварительно напряженных изделий и технологии их изготовления в формах с внутренними несмещаемыми упорами позволила создать экологически чистое производство (например, сплошных плит перекрытий), совмещающее преимущества преднапряженных конструкций с простотой формования ненапряженных изделий.

Разработанные НИПТИ "Стройиндустрия" преднапряженные плиты перекрытий с внутренними анкерами использованы МНИИТЭПом при проектировании жилого крупнопанельного дома новой серии. Узел анкерки напрягаемого стержня

с концевым анкером нестандартной формы в торцевой части плиты показан на рис. 1. Изготовление этих плит в течение двух лет на стане-конвейере в формах с внутренними несмещаемыми упорами подтвердило правильность и надежность принятых технических решений.

Арматуру в формы укладывают в следующей последовательности. Напрягаемые стержни берут за холодные концы и переносят с установки электротермического нагрева в форму, пропуская концевые участки стержней между пластиками на борту формы так, чтобы первоначально их концы находились ниже проектного положения. В этот мо-

мент арматурные фиксаторы заводят между бортом и анкерами, размещая их над концевыми участками стержней. Затем по мере остывания напрягаемой арматуры стержни за счет уклона опорной поверхности упоров поднимаются и натягиваются. Далее подвязывают распределительную арматуру, устанавливают петли, закладные детали, каналообразователи электроразводок и другие элементы. Укладывают бетонную смесь и уплотняют верхнюю поверхность плит.

После окончания термовлажностной обработки бетона, уложенного в форму с преднапряженной и распределительной арматурой, на посту распалубки открывают борта форм и вынимают готовые изделия без каких-либо дополнительных операций. В момент съема плиты с формы происходит передача предварительного напряжения на бетон.

Выполненные разработки узлов преднапряженных балок, ригелей и пустотных плит с внутренними анкерами, а также соответствующих форм с внутренними несмещаемыми упорами показывают, что новая технология может найти применение при производстве различных преднапряженных изделий. В том числе и для обрыва напрягаемой стержневой арматуры по длине изделий в соответствии с изменением эпюры моментов.

В настоящей работе в качестве анкеров на напрягаемой стержневой арматуре класса Ат-V использовали обжатые шайбы. Натяжение таких же стержней с анкерами в виде высаженных головок на упоры с наклонной опорной поверхностью показало, что в месте наибольшего изгиба стержня (возле высаженных головок) происходит его разрыв вследствие изменения физико-

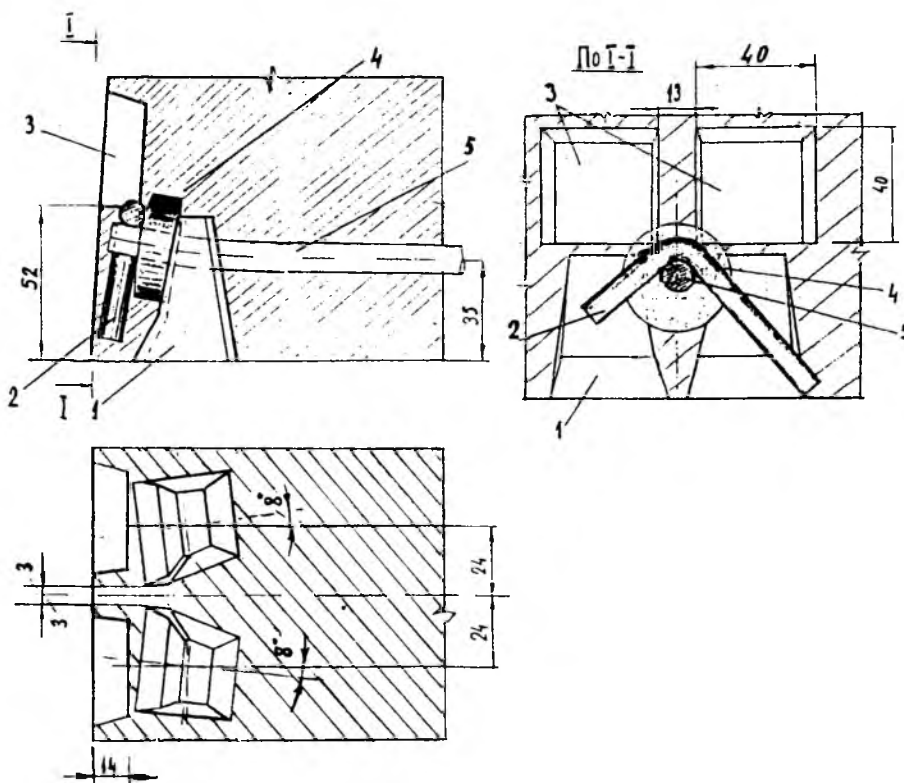


Рис. 1. Узел преднапряженной плиты с внутренним наклонным анкером
1 — выемки от упоров; 2 — скобка-фиксатор; 3 — выемки от накладок на борту; 4 — внутренний анкер; 5 — напрягаемый стержень

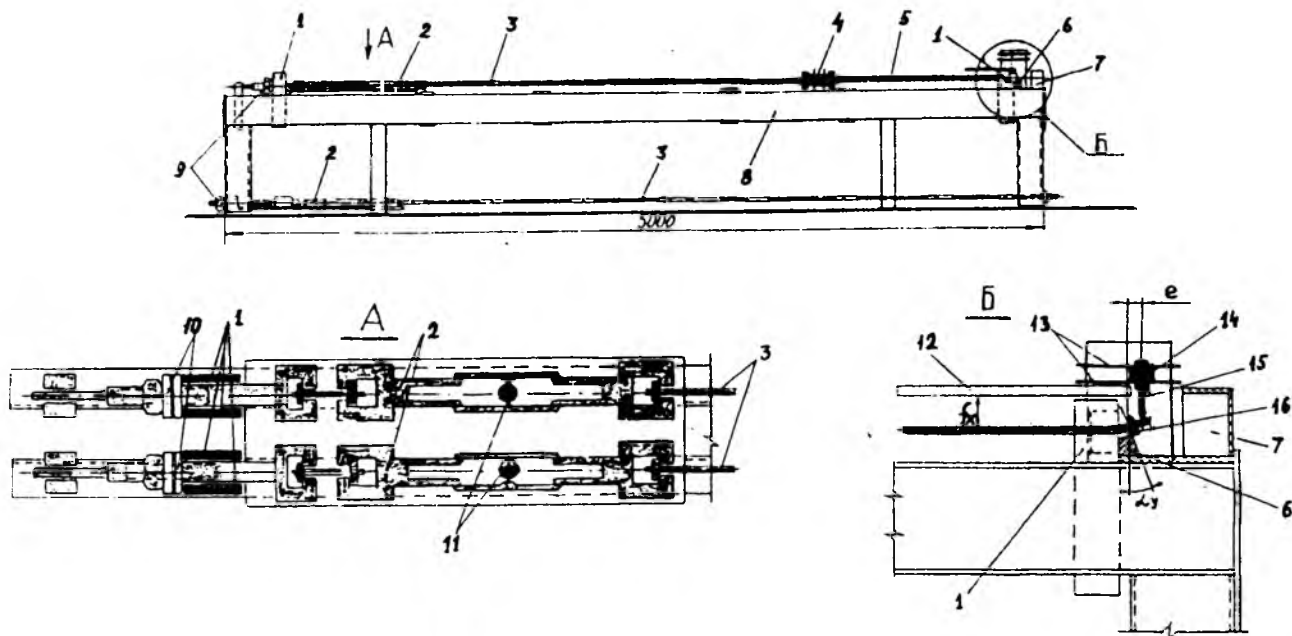


Рис. 2. Стенд для исследования натяжения арматуры на упоры с наклонной опорной поверхностью

1 — опорный кронштейн; 2 — динамометр растяжения; 3 — вспомогательный стержень; 4 — соединительные пластины; 5 — испытываемый стержень; 6 — сменный наклонный упор; 7 — предохранитель; 8 — рама; 9 — гайка; 10 — опорные подшипники; 11 — индикатор; 12 — база измерения; 13 — направляющие; 14 — ползунок; 15 — болт; 16 — анкер

механических свойств металла при его нагреве во время образования анкера.

Внутренние несмещаемые упоры имеют опорную поверхность, наклоненную в сторону центра формы под углом α к вертикали. Этот угол больше угла трения анкера на напрягаемом стержне по опорной поверхности упора, поэтому при натяжении стержня (одним из известных способов) анкеры перемещаются вверх по упорам до взаимодействия с фиксаторами формы. Фиксатор воспринимает вертикальное усилие, величина которого определяется из условия равновесия анкера напрягаемого стержня на наклонной опорной поверхности упора. Эти усилия необходимо учитывать при проектировании форм.

Проектное положение стержня в форме зависит от размещения фиксатора, а также от изгиба стержня, возникающего вблизи анкеров под действием усилия натяжения. Величина выгиба стержня в натянутом состоянии определяется конструкцией упоров и концевой анкеры на напрягаемом стержне, усилием натяжения арматуры, ее диаметром и, кроме того, — расстоянием по горизонтали от точки взаимодействия фиксатора с ан-

кером или концевым участком стержня до оси опорного сечения стержня.

Для исследования этих параметров, необходимых при проектировании преднапряженных изделий и соответствующих форм, создан стенд (рис. 2). Натяжным болтом по показаниям динамометра растяжения напрягаемый стержень поэтапно натягивают до заданного усилия. При этом анкер стержня опирается на упор с наклонной опорной поверхностью, и от вертикального перемещения по упору концевой участок стержня удерживается болтом, закрепленным в ползунке.

Во время натяжения испытываемого стержня в пределах участка длиной 1 м поэтапно измеряют расстояние от стержня до базы измерения. Предварительно по показаниям нижнего динамометра растяжения в нижнем вспомогательном стержне подбирают усилие, обеспечивающее линейность оси рамы. С увеличением усилия натяжения выгиб испытываемого напрягаемого стержня уменьшается, и наиболее изогнутый участок стержня приближается к концевому анкеру. Ординаты изогнутой оси стержня вычисляли как разность между текущей ординатой оси по длине стержня и ординатой сеч-

чения стержня в плоскости, наклонной к опорной поверхности упора.

В качестве примера на рис. 3 приведены результаты измерения выгиба стержня диаметром 10 мм с концевым анкером диаметром 36 мм при расстоянии (см. рис. 2), равном 26 мм. В данном случае упор с наклонной опорной поверхностью представлял собой две пирамиды, соответствующие выемкам от упоров в изделиях (см. рис. 1).

Возникающий выгиб напрягаемого стержня в приопорной зоне преднапряженных изделий, например пустотных настилов, целесообразно использовать для восприятия главных растягивающих напряжений, действующих по наклонным площадкам.

Установлено, что увеличение угла наклона опорной поверхности упоров в определенных пределах не приводит к уменьшению разрушающего усилия в напрягаемых арматурных стержнях за счет перераспределения напряжений по их сечению вследствие развития пластиче-

* Граник В.Г. Изготовление преднапряженных изделий в формах с внутренними несмещаемыми упорами // Бетон и железобетон. — 1993. - № 4. — С. 14—16.

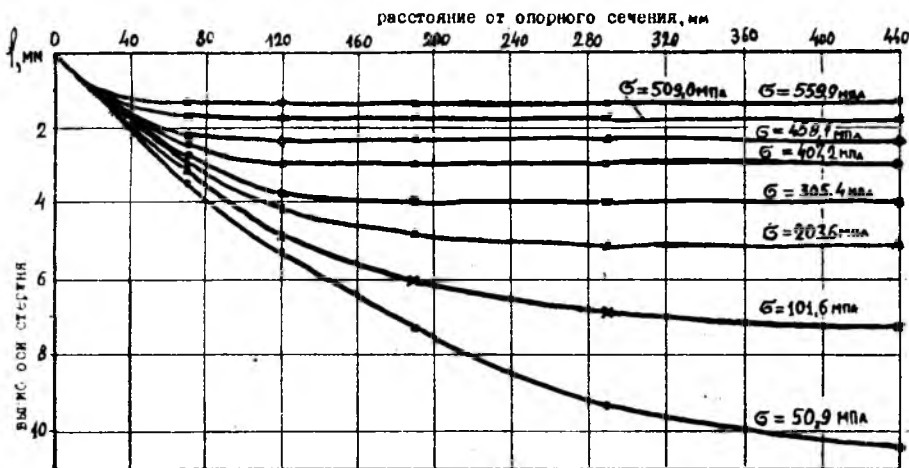


Рис. 3. Искривление оси стержня при натяжении

ских деформаций в наиболее напряженных волокнах арматуры.

Путем подбора необходимых угла наклона опорной поверхности внутренних упоров и расстояния от места опирания концевой части стержня на фиксатор до внутренней опорной поверхности анкера можно задать оптимальный выгиб стержня в месте действия наибольшей поперечной силы и тем самым получить экономию за счет уменьшения сечения поперечной арматуры в приопорной зоне изделий.

Для удобства использования результаты измерения изогнутой оси напрягаемых стержней в процессе натяжения могут быть представлены в виде кривых, показанных на рис. 4. Здесь ординаты изогнутой оси стержня по его длине даны в зависимости от напряжений в стержне в момент измерения. Эти же результаты

можно дать как зависимость углов наклона сечений стержня по длине в приопорной зоне от величины напряжений в стержне.

Помимо упоров, состоящих из двух пирамид, разработана более простая в изготовлении конструкция упоров конической формы с наклонной опорной поверхностью. Она основана на использовании особенностей передачи усилия натяжения с анкера на такой упор в отличие от передачи усилий на упоры с опорной поверхностью, перпендикулярной оси напрягаемого стержня. При использовании внутренних упоров конической формы с наклонной опорной поверхностью, обеспечивающих надежную анкеровку напрягаемых стержней в опорной зоне, изменяются концевые анкеры в виде обжатых шайб стандартной формы. При этом отпадает не-

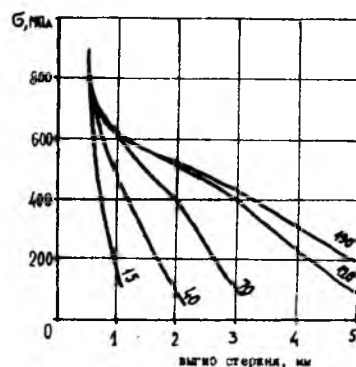


Рис. 4. Зависимость выгиба стержня в процессе натяжения от напряжений 15, 40, 70... расстояния от опорного сечения стержня

обходимость в фиксаторах из арматурной стали, а также упрощается сам процесс укладки напрягаемых стержней и их фиксации в упорах формы. Изготовление опытных образцов преднапряженных изделий в формах с коническими упорами подтвердило правильность конструктивных и технологических решений.

Таким образом, разработана и освоена в производственных условиях комплексная технология натяжения стержневой арматуры на внутренние несмещаемые упоры с наклонной опорной поверхностью, исключающая резку напрягаемой арматуры при передаче усилий обжатия на бетон. Предложенная технология обеспечивает ряд конструктивных преимуществ при проектировании преднапряженных изделий.

**ВНИМАНИЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ
СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ
АО "ПАРТНЕР"
ИТЦ "КОНТРОС"
МГП "СТРОЙПРИБОР"**

ПРЕДЛАГАЮТ:

широкий выбор **ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПРИБОРОВ** для контроля:

- качества вяжущих, заполнителей, бетонной и растворной смеси, бетонов
- технологических процессов производства сборных и монолитных конструкций
- технологических процессов для обследования строительных конструкций и сооружений

АДРЕС: 109428 Москва, Рязанский пр-т, 30/15, АО "ПАРТНЕР"
141500 г. Солнечногорск, Московской обл., ул. Революции, 3 ИТЦ "КОНТРОС"
Контактные телефоны: (095) 176-72-06, (095) 539-36-03, факс (095) 923-01-63

Температурный градиент при термообработке плит перекрытий

На Тюменском домостроительном заводе многопустотные преднапряженные плиты перекрытий размером 6380x2980x220 мм (серия 125) изготавливают по конвейерной технологии. Тепловая обработка производится в щелевых камерах продуктами сгорания природного газа. В соответствии с технологической картой принят температурный режим в зонах: подъема температуры 50°, изотермии 80° и остывания 60°C. Практически в течение всего года из-за глубоких поперечных трещин выходило большое количество бракованных плит.

Исследованиями установлено, что трещины образуются при остывании изделий. При этом плита работает совместно с поддоном как единая конструктивная система за счет соединения их между собой с помощью преднапряженной арматуры и частичного сцепления бетона с поддоном. На выходе изделия из зоны остывания происходит быстрое снижение температуры низа

поддона до внутрицеховой, а температура бетона при этом практически не изменяется (тепловая инерционность бетона плиты на порядок выше таковой стального поддона). Происходит выгиб системы "плита—поддон". В верхних волокнах бетона возникают силы растяжения. Если деформации растяжения от этих сил превосходят деформации, соответствующие предельной растяжимости бетона, появляются трещины.

В соответствии с гипотезой плоских сечений удлинение волокна, отстоящего на расстоянии Z от нейтрального слоя, равно: $\varepsilon_z = Z/\rho$, где ρ — радиус кривизны системы "плита—поддон" при выгибе. Тогда предельным относительным деформациям растяжения бетона

$\varepsilon_{ubt} = 1,5 \cdot 10^{-4}$ соответствуют относительные деформации низа поддона $\varepsilon_s = \varepsilon_{ubt} / (h - Z_{цт}) = [1,5 \cdot 10^{-4} / (470 - 272)] \cdot 272 = 2,06 \cdot 10^{-4}$, где h — высота системы "плита—поддон" (см. рисунок), $Z_{цт}$ — расстояние от

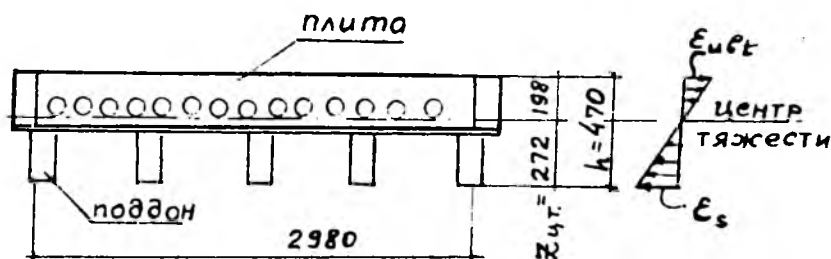
нижней грани поддона до нейтрального слоя (центра тяжести системы).

Полученной деформации ε_s соответствует изменение температуры $\Delta t_s = \varepsilon_s / \alpha_{ts} = (2,06 \cdot 10^{-4} / 1,2 \cdot 10^{-5}) = 17^\circ\text{C}$, где α_{ts} — коэффициент линейного расширения стали. Предельной деформации бетона соответствует изменение температуры $\Delta t_b = \varepsilon_{ubt} / \alpha_{tb} = (1,5 \cdot 10^{-4} / 10^{-5}) = 15^\circ\text{C}$, где α_{tb} — коэффициент линейного расширения бетона.

Следовательно, при предельной деформации верхнего волокна бетона плиты температурный градиент между верхом и низом системы "плита—поддон" равен $\Delta t_0 = \Delta t_s + \Delta t_{ub} = 17 + 15 = 32^\circ\text{C}$.

На основании приведенных выше результатов эксперимента полученная величина может быть принята равной перепаду температур воздуха цеха и отсека остывания. Исходя из этого температура воздуха в последнем определяется из выражения $t_{ост} \leq t_{ц} + \Delta t_0$; при $t_{ц} = 15^\circ\text{C}$ $t_{ост} \leq 15 + 32 \leq 47^\circ\text{C}$.

В соответствии с полученными данными был установлен температурный режим тепловой обработки плит в зонах: подъема температуры 50°, изотермии 80° остывания — не более 47°C. За год выпуска изделий по принятому температурному режиму силовые температурные трещины в плитах не появлялись, при этом расход газа снизился на 15%.



Поперечный разрез системы "плита—поддон" и эпюра деформаций ее элементов

Экологически чистая технология производства строительных материалов

Одной из главных экологических проблем крупных городов России, имеющих большое экономическое и экологическое значение, является предотвращение накопления и утилизация различных отходов, прежде всего промышленных. Особенно перспективно использование таких отходов для получения строительных материалов, что позволяет обеспечить строительный комплекс богатейшим источником дешевого и частично уже подготовленного сырья, создает реальные возможности экономии тепла, энергии, сокращения капитальных вложений. Сложившаяся практика утилизации различных отходов в промышленности строительных материалов позволяет сделать вывод о причинах, тормозящих использование этого вида сырья, и наметить меры по коренному улучшению существующего положения.

Ограничение массового использования промышленных отходов обусловлено прежде всего необходимостью создания множества различных по характеру технологий в зависимости от вида отходов. Кроме того, существующие технологии производства строительных материалов из отходов нередко сами являются активными источниками загрязнения среды. Поэтому создание единой гибкой технологии получения строительных материалов из различных отходов промышленности является весьма актуальной и важной задачей.

В этой связи Дагестанским отделением РИА совместно с Дагестанским государственным техническим университетом разработана полифункциональная экологически чистая технология производства строительных материалов на базе местных промышленных отходов. По этой технологии получены различные виды бесцементных и комплексных вяжущих, применение которых эффективно для выпуска стеновых, отделочных, кровельных, теплоизоляционных, жаростойких и других материалов.

Производство этих вяжущих исключает необходимость строительства сложных производств, характеризуется отсутствием вредных выделений и требует меньше капитальных вложений, позволяет экономить топливно-энергетические ресурсы ввиду отсутствия операции обжига. Оно состоит из совместного сухого или мокрого помола природных и искусственных стекол, содержащих щелочной компонент, и промышленных отходов (керамического и стеклового производства, камнепиления, отсева при дроблении щебня, отработанные формовочные пески, лом использованного огнеупора, виноградной лозы и т.д.) до удельной поверхности 2500...3000 см²/г. При этом выбор той или иной добавки диктуется назначением и требуемыми свойствами изготавливаемого материала.

С использованием бесцементных и комплексных вяжущих в лабораторных, а для отдельных изделий и в заводских условиях получены легкие и тяжелые бетонные изделия с показателями свойств: средняя плотность — 800...2000 кг/м³, прочность при сжатии — 6...30 МПа, морозостойкость — 25...100 циклов; арболитовые изделия на основе виноградной лозы средней плотностью 500...800 кг/м³, прочностью при сжатии 0,35...0,5 МПа, морозостойкостью не менее 25 циклов; облицовочный материал на основе отходов камнепиления и отработанных формовочных песков средней плотностью 1700...2000 кг/м³, прочностью при сжатии 20...40 МПа, морозостойкостью 50...100 циклов; теплоизоляционный материал в виде плит, кирпичей и сегментов для тепловой изоляции поверхностей (до 800°С) средней плотностью 300...500 кг/м³, прочностью при сжатии 0,4...0,8 МПа, теплопроводностью 0,08...0,1 Вт/(м °С); безобжиговые огнеупорные материалы с рабочей температурой 1000...1600°С.

Разработанные бесцементные материалы прошли опытно-промышленную проверку при изготовлении монолитных и сборных изделий и конструкций, внедренных при строительстве зданий и сооружений различного назначения, а также при футеровке агрегатов с рабочей температурой до 1600°С.

Глубинная инъекция трещин эксплуатируемых железобетонных пролетных строений мостов

Как показывает многолетний опыт эксплуатации, железобетонные пролетные строения мостов в основном являются надежными и достаточно долговечными. Существующие нормы проектирования позволяют создавать экономичные и прочные конструкции мостов. Вместе с тем следует отметить, что в последние годы в отдельных эксплуатируемых пролетных строениях обнаружены значительные дефекты и повреждения, снижающие их ресурс. В большинстве случаев причиной замены эксплуатируемых пролетных строений служили появившиеся в процессе эксплуатации трещины в бетоне. За последние 20 лет на дорогах Центрально-азиатского региона снято по различным причинам более 145 пролетных строений при среднем возрасте 45—47 лет, что в 1,5 раза больше, чем на других дорогах, при практически одинаковом грузообороте [1]. Как показывают результаты исследований, около 75% снятия пролетных строений связано с чрезмерным раскрытием трещин различного рода и характера. Так, на четырех пролетных строениях моста на линии Галлярал-Багарное, обследованных автором, количество трещин на поверхности балок составляло от 60 до 200 штук. На наружной стороне балок их было в 2—2,5 раза больше, чем на внутренней, не подверженной воздействию солнечной радиации. Ширина нормальных и наклонных трещин доходила до 0,4 мм, что значительно больше допускаемых нормами 0,3 мм. Имеются трещины, заходящие в сжатую зону. Поэтому для повышения эксплуатационной надежности пролетных строений необходимо принять меры, чтобы

обычные технологические и усадочные трещины не доходили под воздействием временной нагрузки до активных, т.е. "дышащих".

Для этого требуется выполнение ряда работ по текущему содержанию конструкции, предусмотренных существующими инструкциями и указаниями. Эти работы заключаются в проведении мелких ремонтов, направленных на лечение трещин, которые не во всех случаях дают необходимый положительный эффект. Применение защитных пленочных покрытий [2], герметизация полости трещин [3] связаны со значительными трудовыми и материальными затратами. Начиная с 60-х годов применяется глубинное инъектирование эпоксидных клеев с целью восстановления монолитности конструкций. Способ герметизации трещин разрабатывался в ЦНИИСе, МИИТе, применялся для ремонта бетонных автомобильных дорог в США [4].

Результаты испытания конструкций после инъектирования показывают высокую эффективность этого способа усиления. Однако по имеющимся данным трудно судить об опыте инъектирования трещин, так как некоторые из известных конструкций насосов можно пользоваться лишь в лабораторных условиях. Кроме того, в вышеуказанных опытных конструкциях применялся шестеренчатый насос. При длительной остановке установки клей отвердевал в инжекторе, промывка которого — операция весьма трудоемкая.

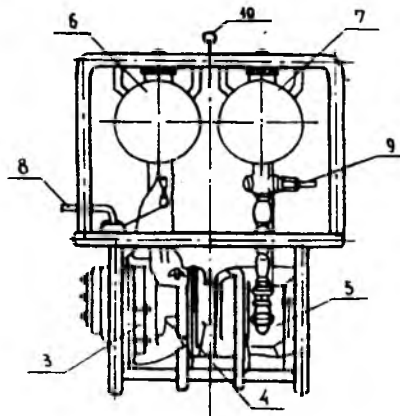
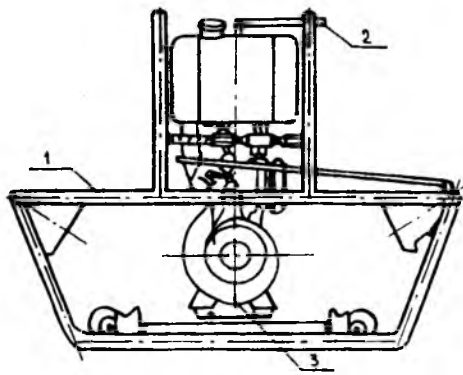
Предлагаемый агрегат для нагнетания клеевых составов в трещины строительных элементов и конструкций, включающий

цилиндр с емкостью из высокопрочного металла, соединенный с насосом, отличается тем, что с целью предотвращения контакта клея с движущимися частями насоса в цилиндре смонтирован поршень с толкателем, действующий на сбрасывающий клапан, установленный в днище цилиндра (см. рисунок). Применение двигателя внутреннего сгорания, закрепленного на специальной раме, дает возможность использовать установку в полевых условиях. Зависимость от источника электроэнергии при этом исключается.

Для инъектирования могут использоваться эпоксидные компаунды, обладающие в момент затвердения хорошей подвижностью, низкой вязкостью, жизнеспособностью 0,5...3 ч. Их прочность после отверждения и адгезия к бетону не ниже прочности и модуля упругости бетона.

В результате испытания агрегата для инъектирования трещин различных величин раскрытия подобран следующий оптимальный состав клея (в весовых частях): эпоксидная смола Бекабадского химкомбината — 100; растворитель Навоийского химкомбината — 35...40; полиэтилполиамин — 10...15. Вязкость клея позволяет при давлении до 120 атм заполнять трещины раскрытием более 0,1 м. Полную прочность клей достигает на вторые сутки в летнее время года.

Эффективность глубинного инъектирования проверяли на опытных железобетонных балках, которые испытывали статической и пульсирующей нагрузками. Перед испытанием на поверхность балки вблизи первичных трещин устанавливали дополнительные тензодатчики сопротивления для определения



Принципиальная схема агрегата для инъектирования трещин

1 — рама; 2 — рычаг сбрасывания давления в системе; 3 — двигатель "Дружба-4"; 4 — редуктор; 5 — шестеренчатый насос НШ-10Е (левого вращения); 6 — бензобак; 7 — масляный бак; 8 — рукоятка запуска двигателя; 9 — рукав высокого давления; 10 — манометр

степени снижения работы бетона в зоне трещины. Результаты опытов показывают, что инъектирование трещин по вышеуказанному методу позволяет практически полностью восстановить монолитность конструкции. Бе-

тон вблизи заинъектированной трещины активно включается в работу. Нагрузка вторичного трещинообразования превышает нагрузку первичного трещинообразования на 20%. Развитие вторичных трещин при пульсацион-

ных нагружениях происходило с меньшей интенсивностью, чем в монолитном бетоне.

Разработанный агрегат использовался при восстановлении эксплуатируемых пролетных строений на мосту железнодорожной линии газоконденсатного комплекса "Шургангаз". Обследование пролетных строений после годичной эксплуатации показало их высокую эффективность.

Библиографический список

1. Мамажанов Р. Практический способ расчета железобетонных поолетных строений мостов // Транспортное стро-во. — 1989. — № 3. — С. 19—20.
2. Ступаков Г.И. Технология бето-на. — Ташкент: Укитувчи, 1983. — 95 с.
3. Рузин Ю.Г. Повышение прочно-сти и долговечности железобетонных про-летных строений, имеющих трещины в ус-ловиях непрерывной эксплуатации. — Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.15 / МИИТ. — М., 1976. — 23 с.
4. Носарев А.В., Рузин Ю.Г., Ми-хайлов Г.Е. Инъектирование трещин в железобетонных конструкциях эпокси-дными компаундами // Тр. МИИТ. — Вып. 275. — 1969. — С. 13—17.

ПАМЯТИ Ф.М. ИВАНОВА

6 июля 1996 г. на 84 году жизни после тяжелой бо-лезни скончался Заслуженный деятель науки и техники, лауреат Государственной премии и премии Совета Ми-нистров, доктор технических наук, профессор Федор Ми-хайлович Иванов.

Окончив Киевский индустриальный институт в 1934 г., Ф.М. Иванов работал в химической промышлен-ности, с 1938 г. — в Центральной бетонной лаборатории Гидропроекта, затем на крупных стройках Урала и Си-бири в качестве начальника строительных лабораторий. С 1947 г. работал во Всесоюзном дорожном научно-ис-следовательском институте, затем во ВНИИ транспортного строительства (ЦНИИС) Минтрансстроя СССР. С 1969 г. Ф.М. Иванов непрерывно работал в лаборатории коррозии НИИЖБ в качестве руководителя сектором.

Всю свою жизнь Федор Михайлович посвятил ис-следованиям в области технологии и долговечности стро-ительных материалов, являясь одним из основоположни-ков теории коррозии и долговечности бетона, создателем отечественной школы коррозионистов-строителей. Об-ладая глубочайшими знаниями, владея многими европе-йскими языками, он до конца жизни систематически от-слеживал тенденции развития исследований в области бетоноведения и смежных наук, щедро делясь своими знаниями со специалистами. Работая долгие годы с про-фессором В.М. Москвиным, Ф.М. Иванов на основе до-стижений фундаментальных наук развил теорию корро-зии бетона и железобетона в агрессивных средах, был инициатором исследований и внедрения современных эффективных химических добавок, им выдвинуты пред-ставления о морозостойкости и биологической коррозии,

а также методах защиты от нее строительных материалов и конструкций. Он участвовал в создании уникальных сооружений: канала Москва-Волга, Кислогубской при-ливной электростанции, Зейской ГЭС, сооружений БА-Ма, объектов Западно-Сибирских нефтегазовых место-рождений и многих других.

Научные интересы Ф.М. Иванова были необычайно широки — технология строительных материалов, корро-зия и защита бетона, стальной арматуры, железобетон-ных конструкций, история техники, использование но-вых принципов создания строительных материалов, эко-логические проблемы и многое другое. Он пользовался большим авторитетом в нашей стране и за рубежом как крупный исследователь в области технологии и долговеч-ности материалов, был активным участником работ по коррозии и стандартизации в международных организа-циях в системе СЭВ и ТК 106 РИЛЕМ, вел переписку со многими отечественными и зарубежными учеными.

Ф.М. Иванов подготовил более 40 кандидатов и док-торов технических наук, которые активно трудятся во многих странах СНГ и в ряде стран дальнего зарубежья. Он является автором большого числа монографий, ста-тей, докладов и изобретений.

Ф.М. Иванов отличался необыкновенно вниматель-ным и добрым отношением к людям, трудился с полной самоотдачей, щедро делясь идеями с учениками и колле-гами, активно откликаясь на все события в стране. На протяжении всей своей долгой и плодотворной творче-ской жизни он оставался преданным своему делу и ин-тересам страны.

Добрая память. Ф.М. Иванове — энциклопедически образованном специалисте и прекрасном человеке на-всегда останется в наших сердцах.

Сотрудники НИИЖБ

О влиянии продолжительности действия нагрузки на прочность материала

В статье предложена математическая модель и приведена методика ее практического использования, предназначенные для описания зависимости прочности изотропных строительных материалов (бетонов, сталей) от продолжительности действия внешней нагрузки на всех возможных диапазонах ее воздействия, начиная с сотых долей секунды, кончая десятками и более суток.

Нижняя граница диапазона времени реализуется преимущественно при действии динамических (ударных) нагрузок; при этом прочность материалов, как известно, существенно превышает ее значения, найденные в условиях стандартных (кратковременных) испытаний, продолжительность которых определяется минутами. Верхняя граница диапазона времени действия нагрузки не имеет, естественно, четко выраженного характера; при этом длительная прочность реальных материалов (в особенности обладающих реологическими свойствами) снижается по сравнению с кратковременной прочностью. Повышенная ударная прочность обычно связывается с проявлением мгновенных сил вязкого сопротивления, непосредственно воспринимающих внешнее воздействие и тормозящих развитие деформаций материала, являющихся физической причиной его разрушения. Снижение длительной прочности материалов (в частности, бетонов) также связывается с проявлением их вязких свойств - явлением ползучести, приводящим к росту деформаций, и достижению их предельных значений при интенсивности напряжений меньшей, чем при кратковременных испытаниях. Таким образом, вязкость материалов на этих характерных диапазонах влияет на физические процессы в них существенно различным образом, что определяет необходимые требования при построении математических моделей последних.

С целью получения достаточно простых по своей структуре расчетных формул и зависимостей, определяющих прочность материалов для всех диа-

пазонов времени действия постоянной внешней нагрузки, в настоящей работе использована простейшая математическая модель их деформирования во времени, позволяющая, однако, учитывать основные особенности этого процесса и результаты соответствующих экспериментальных данных [3,4].

Исследуется прочность конструктивного элемента изотропного материала, находящегося в условиях однородного сложного (трехосного) напряженного состояния. Последнее характеризуется величиной интенсивности напряжений T ; деформированное состояние материала характеризуется величиной интенсивности деформаций Γ .

На рис. 1 представлена схема, интерпретирующая предлагаемую математическую модель деформирования материала. Она состоит из последовательно соединенных элементов 0 и 1, каждый из которых включает в себя параллельно соединенные элементы A_0 и B_0 и соответственно A_1 , B_1 . Линейно упругие элементы A_0 и A_1 характеризуются константами $E_0 = 3G_0$ и $E_1 = 3G_1$ (где G_0 и G_1 - соответствующие модули сдвига). Чисто вязкие элемен-

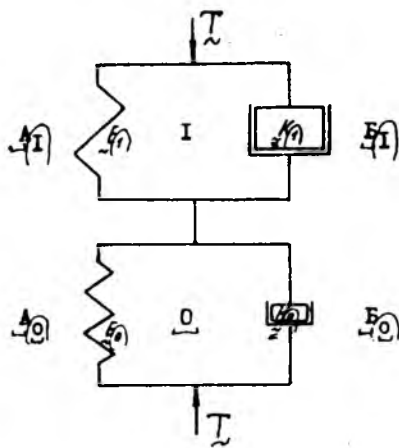


Рис. 1. Схема, интерпретирующая предлагаемую математическую модель деформирования материала во времени

ты B_0 и B_1 характеризуются константами K_0 и K_1 - модулями вязкого сопротивления. Элемент 0 предназначен для описания деформирования материала при весьма малых диапазонах времени ("мгновенных" деформаций); элемент 1 - для описания деформаций, развивающихся во времени. Реальные значения K_0 (Па·с) на несколько порядков меньше значения K_1 ; т.е. $K_0 \ll K_1$.

При воздействии на конструктивный элемент постоянной по величине интенсивности напряжений $T = \text{const}$ эффективная работа элемента B_0 заканчивается при весьма и весьма малых значениях времени t (отсчитываемого с момента нагружения), имеющих порядок долей секунды. Однако за этот отрезок времени вязкий элемент B_0 способствует торможению развития деформаций, инициируемых в элементе A_0 . Время эффективной работы элемента B_1 практически не ограничено: совместно с элементом A_1 он определяет медленно развивающиеся во времени деформации ползучести.

Согласно принятой модели, полное значение интенсивности деформаций конструктивного элемента выражается суммой

$$\Gamma = \Gamma_0 + \Gamma_1. \quad (1)$$

Будем считать, что прочность материала определяется достижением интенсивностью деформаций Γ ее предельного значения $\Gamma = \Gamma_p$, величина которого может зависеть от вида напряженного состояния.

Величины Γ_0 и Γ_1 для элементов 0 и 1, являющиеся функциями t , определяются известными дифференциальными уравнениями первого порядка, общие решения которых при начальных условиях: при $t = 0$, $\Gamma_0 = 0$, $\Gamma_1 = 0$ имеют вид

$$\Gamma_0 = \frac{T}{E_0} (1 - e^{-\omega_0 t}) \quad (2)$$

$$\Gamma_1 = \frac{T}{E_1} (1 - e^{-\omega_1 t}), \quad (3)$$

где $\omega_0 = E_0/K_0$; $\omega_1 = E_1/K_1$. Согласно (1) -

$$\Gamma = \frac{T}{E_0} \left[(1 - e^{-\omega_0 t}) + C(1 - e^{-\omega_1 t}) \right], \quad (4)$$

где $C = E_0/E_1$.

Если задано значение времени $t = t_p$, для которого величина $\Gamma = T_p = \text{const}$ будет являться пределом прочности, соответствующим времени действия

нагрузки (t_p), то полагая $\Gamma = \Gamma_p$, найдем из (4) искомое значение T_p

$$T_p = E_0 \Gamma_p \left[(1 - e^{-\omega_0 t_p}) + C(1 - e^{-\omega_1 t_p}) \right]^{-1}. \quad (5)$$

При неограниченном времени действия нагрузки предел длительной прочности материала \bar{T}_p , согласно (5), определяется выражением

$$\bar{T}_p = E_0 \Gamma_p (1 + C)^{-1}. \quad (6)$$

В расчетные зависимости (5) и (6) входят четыре независимых параметра (характеристики материала): C , ω_0 , ω_1 , Γ_p подлежащие определению экспериментальным путем. Таким образом, требуется проведение не менее четырех независимых серий испытаний, определяющих величины T_p и соответствующие им значения времени $t = t_p$ - интервалы времени от момента нагружения до момента разрушения материала.

Первую серию опытов (с учетом разброса данных) целесообразно проводить по методике стандартных испытаний, определяя среднее значение $T_p = T_c$ при $t_p = t_c$, исчисляемым минутами.

Вторая серия опытов должна проводиться при весьма и весьма кратковременных воздействиях - при импульсивных или ударных нагрузках: T_k , t_k .

Третью серию опытов следует производить в условиях достаточно длительных испытаний, определяющих по данному значению $T_p = T_n < T_c$ период времени $t_p = t_n \gg t_c$, величина которого должна обеспечить проявление реологических свойств материала (явление ползучести).

Очевидно, что проведение опытов по непосредственному определению значения \bar{T}_p практически неосуществимо. Поэтому целесообразно провести вторую серию длительных испытаний (четвертую общую серию опытов), проводимых при $T_p = T_m < T_n$, определяющих $t_p = t_m > t_n$.

Составляя на основании (5) отношения "мгновенного" и длительных пределов прочности к пределу прочности при стандартном испытании

$$\Phi_k = \frac{T_k}{T_c}; \quad \Phi_n = \frac{T_n}{T_c}; \quad \Phi_m = \frac{T_m}{T_c}, \quad (7)$$

разрешая каждую из трех зависимостей (7) относительно параметра C , и исключая из них C , получим два независимых уравнения, содержащих в себе две неизвестные величины - параметры ω_0 и ω_1 .

Величины коэффициентов $\varphi_k, \varphi_n, \varphi_m$ известны (по опытным значениям T_c, T_k, T_n, T_m); известны также значения t_c, t_k, t_n, t_m .

Нахождение численных значений параметров ω_0 и ω_1 из полученных таким образом трансцендентных уравнений сопряжено с определенными вычислительными трудностями. В связи с этим целесообразно использовать итерационный алгоритм определения ω_0 и ω_1 , основанный на оценке значений коэффициентов

$$a_{0i} = 1 - e^{-\omega_0 t_i}; \quad a_{1i} = 1 - e^{-\omega_1 t_i}; \quad (i = c, k, n, m),$$

содержащих в себе данные параметры и известные интервалы времени t_i . Проведенные расчеты показали, что при реальных значениях временных и прочностных характеристик задачи величины a_{0c}, a_{0n}, a_{0m} практически не отличаются от единицы, а величина a_{1c} весьма мала по сравнению с произведениями $a_{1n}\varphi_n$ и $a_{1m}\varphi_m$. В том случае, если удалось подобрать величины T_n и T_m таким образом, что $t_m \cong 2t_n$, то для определения ω_1 , с учетом данной выше оценки, может быть получено замкнутое выражение:

$$\omega_1 = \frac{1}{t_n} \ln \frac{(1 - \varphi_n)\varphi_m}{(\varphi_n - \varphi_m)}. \quad (8)$$

По найденному из (8) значению ω_1 могут быть вычислены уточненные величины коэффициентов $a_{1c}, a_{1k}, a_{1n}, a_{1m}$ для первой итерации, а также значение параметра C . Для нахождения параметра ω_0 должна быть использована первая из зависимостей (7), которая с учетом весьма малой величины произведения $C(a_{1k}\varphi_k - a_{1c})$ и $a_{0c} \approx 1$ определяет

$$\omega_0 = \frac{1}{t_k} \ln \frac{\varphi_k}{(\varphi_k - 1)}. \quad (9)$$

По найденному из (9) значению ω_0 могут быть вычислены уточненные величины коэффициентов $a_{0c}, a_{0k}, a_{0n}, a_{0m}$ для первой итерации. Проведение второй (и последующих) итераций целесообразно лишь в случае ощутимых отклонений величин a_{0i} и a_{1i} от их первоначальных значений.

Среднее значение E_0 , а также величины предельной интенсивности деформаций Γ_p определяются в процессе проведения указанных серий опытов, при этом наиболее достоверные величины Γ_p следуют из испытаний при времени t_c и t_n .

Если для рассматриваемого материала (бетона) значения Γ_p зависят от вида напряженного состояния, то истинные значения Γ_p для условий нагру-

жения, отличных от использованных в сериях опытов, должны определяться согласно деформационной теории данного материала [1] или на основании статических (кратковременных) испытаний при напряженном состоянии, соответствующем реальным условиям нагружения.

По найденным согласно приведенной выше методике значениям параметров C, ω_0, ω_1 могут быть вычислены все остальные - исходные константы модели материала - величины E_1, K_0, K_1 :

$$E_1 = \frac{E_0}{C}; \quad K_0 = \frac{E_0}{\omega_0}; \quad K_1 = \frac{E_1}{\omega_1}. \quad (10)$$

Зависимость (5) является основной расчетной формулой, позволяющей определять искомые значения предельной интенсивности напряжений $T = T_p$ для заданного времени действия нагрузки $t = t_p$ в диапазоне $0 < t_p < \infty$. Эта же зависимость может быть использована при решении обратной задачи: по заданному значению $T = T_p > \bar{T}_p$ определять предельное время t_p действия данного уровня интенсивности напряжений.

Приведем численный пример практического использования изложенных результатов для обладающего реологическими свойствами изотропного материала типа бетона. Пусть на основании проведенных четырех серий опытов получены следующие данные: $\varphi_n = 0,80$ (T_n составляет 80% от T_c), $\varphi_m = 0,75$ (T_m составляет 75% от T_c), $\varphi_k = 1,40$ (T_k на 40% превышает T_c). Этим значениям T_i соответствуют такие интервалы относительного (безразмерного) времени: $t_c = 1, t_n = 1000, t_m = 2000, t_k = 0,01$. Таким образом, мерой приведения является время t_c .

Для определения безразмерной величины ω_1 используем выражение (8):

$$\omega_1 = \frac{1}{1000} \ln \frac{(1 - 0,8) \cdot 0,75}{(0,8 - 0,75)} = \frac{\ln 3}{1000} = 1,1 \cdot 10^{-3}.$$

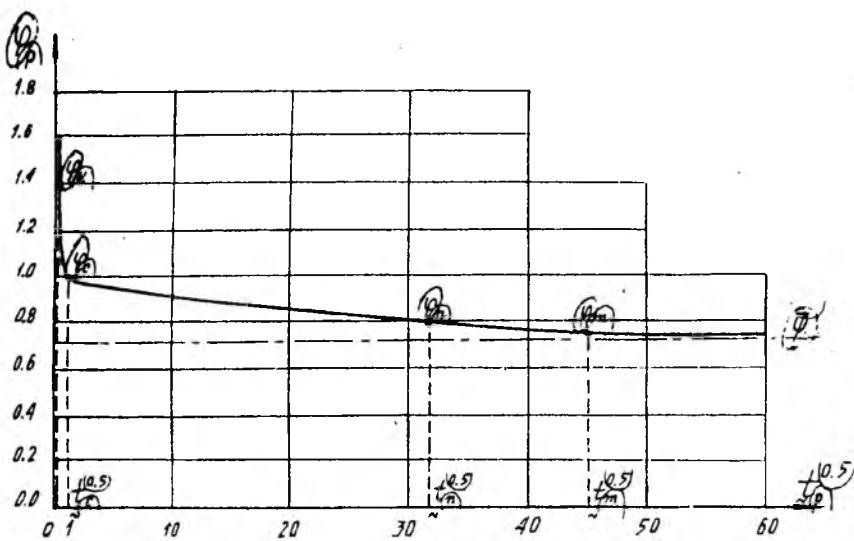
Значения коэффициентов a_{1i} :

$$a_{1c} = 1 - e^{-0,0011} \cong 0 \text{ (с высокой степенью точности)}, \\ a_{1k} = 0, a_{1n} = 1 - e^{-1,1} = 0,67, a_{1m} = 1 - e^{-2,2} = 0,89.$$

Величина параметра C -

$$C = \frac{1 - 0,8}{0,67 \cdot 0,8} \cong \frac{1 - 0,75}{0,89 \cdot 0,75} = 0,375.$$

Рис. 2. График зависимости коэффициента приведения прочности φ_p от безразмерного времени t_p



Для определения безразмерной величины ω_0 используем выражение (9):

$$\omega_0 = \frac{1}{0,01} \ln \frac{1,4}{(1,4-1)} = 1,25 \cdot 10^2.$$

Значения коэффициентов a_{0j} : $a_{0c} = a_{0n} = a_{0m} = 1$ (с высокой степенью точности), $a_{0k} = 1 - e^{-1,25} = 0,715$.

Коэффициент приведения предела длительной прочности $\bar{\varphi} = \bar{T}_p / T_c$:

$$\bar{\varphi} = 0,8 \cdot \frac{1+0,375 \cdot 0,67}{1+0,375} = 0,75 \cdot \frac{1+0,375 \cdot 0,89}{1+0,375} = 0,73.$$

Проведение второй итерации не требуется. Константы модели материала на основании (6) и (10) -

$$E_0 \Gamma_p = 0,73 \cdot T_c \cdot (1+0,375) = T_c; \quad E_1 = 2,66 \cdot E_0;$$

$$K_0 = 0,8 \cdot 10^{-2} E_0; \quad K_1 = \frac{2,66 E_0}{1,1 \cdot 10^{-3}} = 2,42 \cdot 10^3 E_0;$$

$$K_1 / K_0 = 3 \cdot 10^5.$$

На рис. 2 представлен построенный по формуле (5) график зависимости коэффициента приведения прочности $\varphi_p = T_p / T_c$ от безразмерного времени $t = t_p$ ($t_c = 1$) для рассмотренного примера. Для удобства построения графика (ввиду большого различия величин характерных диапазонов времени) по оси абсцисс отложены значения $t_p^{0,5}$.

Полученные в статье результаты могут быть использованы для определения по единой методике динамической и длительной прочности реальных строительных материалов: бетонов, мягких сталей (при определении предела текучести), отдельных видов пластиков, асбестоцемента.

В том случае, если стандартные (кратковременные) испытания указывают на существенную нелинейность зависимости Γ от T , то для таких материалов чисто упругий элемент модели A_0 , входящий в состав элемента O , должен быть заменен нелинейно-упругим.

Механическая схема модели материала, не включающая в себя элемент B_0 , и предназначенная для расчета лишь длительной прочности, была использована ранее, применительно к тяжелому бетону [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гениев Г.А. *Вариант деформационной теории пластичности бетона* // Бетон и железобетон. - 1969. - № 2. - С. 18-20.
2. Гениев Г.А. *Практический метод расчета длительной прочности бетона* // Бетон и железобетон. - 1995. - № 4. - С. 25-27.
3. Журков С.Н., Нарзулаев Б.Н. *Временная зависимость твердых тел* // Журнал технической физики. т. 23, 1953.
4. Taylor, Sir Geoffrey Ingram. *The testing of materials at high rates of loading*. J. Inst. Civil Engrs. 26. 1946.

О длительной прочности бетона

Предел длительной прочности бетона многие исследователи связывают с верхней границей трещинообразования R_{crc} [1, 3, 7]. Утверждается, что бетон, нагруженный до величины напряжений, не превышающих R_{crc} , не разрушается в течение среднего срока службы сооружения. Однако реально подтвердить это положение весьма затруднительно, и поэтому в ходе исследований длительной прочности образцы загружают более высокой нагрузкой, чтобы можно было проследить за процессом разрушения бетона в течение нескольких месяцев. Значения длительной прочности для длительного срока выдержки получают путем экстраполяции полученных данных по формуле вида

$$\eta_u = \frac{\sigma_u}{R_b} = 1 - 0,04 \lg t, \quad (1)$$

где $\eta_u = \frac{\sigma_u}{R_b}$ — относительный уровень длительной прочности бетона; t — время выдержки старого бетона под действием длительной нагрузки, ч.

По зависимости (1) можно определить относительный уровень напряжений, при котором разрушение произойдет через несколько месяцев. Так, для того чтобы образцы разрушились через год, необходимо выбрать уровень напряжений порядка $0,84R_b$, что подтверждается результатами экспериментов [1, 6, 7].

Чаще всего исследователи загружают одновременно несколько групп образцов-близнецов вблизи предполагаемого предела длительной прочности. Одна группа образцов нагружается напряжениями несколько меньшими верхней границы трещинообразования, другая группа — напряжениями, примерно равными указанной границе, а третья группа — напряжениями не-

сколько выше этой границы. В итоге разрушаются образцы только третьей группы.

При такой методике испытаний в процессе опыта требуется значительное количество образцов-близнецов и много испытательных стендов. В этой связи представляется необходимым обратить внимание на то, что верхней границе трещинообразования соответствует значение дифференциального коэффициента поперечной деформации ν_1 , равное 0,5 и полученное при ступенчатом статическом нагружении. Дальнейший рост $\nu_1 > 0,5$ означает, что начался интенсивный деструктивный процесс, сопровождаемый увеличением объема материала.

На рис. 1 показаны экспериментальные данные определения ν_1 по мере роста уровня нагружения при осевом сжатии. Из этих данных следует, что до напряжений, соответствующих нижней границе трещинообразования, значения ν_1 практически постоянны, а при $\nu_1 > R_{crc}^0$ их можно определять по нелинейной зависимости (2)

$$\nu_1 = k \left(\frac{\sigma_1 - \eta_{crc}^0 \cdot R_b}{R_b} \right)^2 + \nu_0, \quad (2)$$

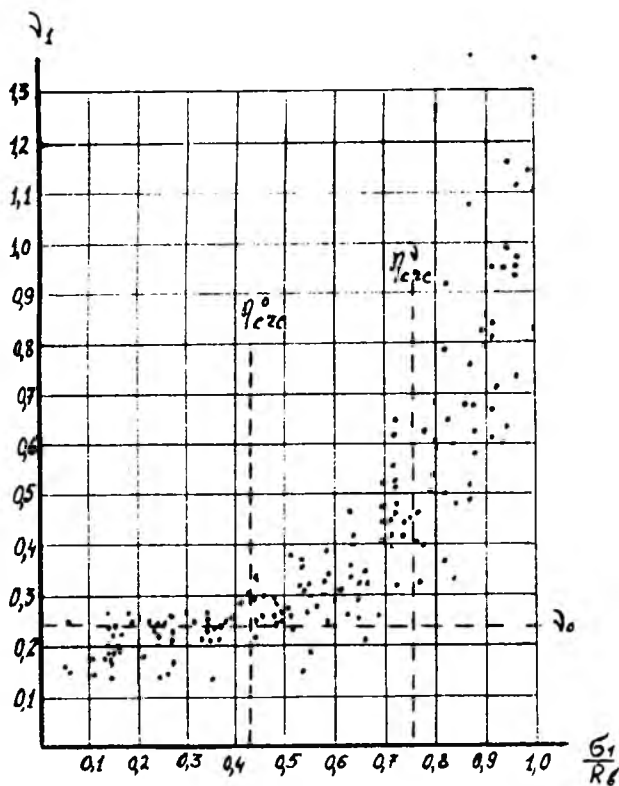
где ν_0 — значение постоянного ν_1 при $\sigma_1 < R_{crc}^0$; η_{crc}^0 — относительный уровень нижней границы трещинообразования; k — эмпирический коэффициент для данного бетона.

В процессе ползучести бетона при различных уровнях нагружения коэффициент поперечной деформации ползучести ν_{1pl} , как подтверждают наши опыты, имеет приблизительно те же значения, что и для случая кратковременного нагружения при соответствующих напряжениях. Иными словами, для деформаций ползучести зависимость (2) можно считать также справедливой.

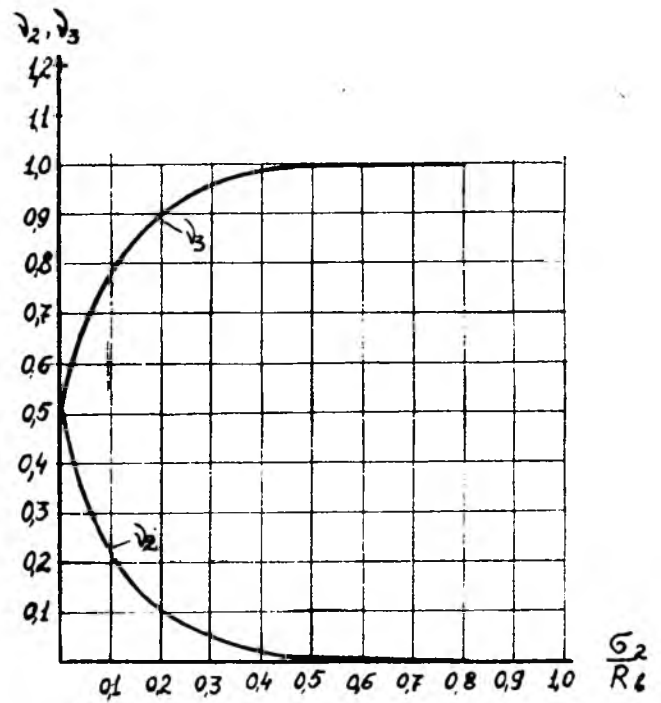
Исходя из этого предлагается следующая методика определения длительной прочности. Дается время, в течение которого планируется довести образец до разрушения. По формуле (1) определяется относительный уровень длительного нагружения. Далее по графику (см. рис. 1) или по формуле (2) определяется значение ν_1 , которое необходимо достичь при кратковременном ступенчатом нагружении образца и соответствующее выбранному относительному уровню. Опыты показали, что в связи с разбросом прочности образцов-близнецов абсолютная величина напряжений также меняется. Измерение в процессе нагружения позволяет уточнить требуемый уровень нагружения, соответствующий данному относительному уровню.

Эксперименты показывают, что в первые 10...20 сут интегральный коэффициент поперечной деформации ν_{1pl} (который определяется, как частное от деления полных поперечных деформаций на полные продольные деформации, начиная с момента достижения уровня заданного значения ν_1) несколько повышается, но затем устанавливается приблизительно на том же уровне. При достижении определенной деформации деструктивные процессы усиливаются, и скорость деформации увеличивается. Причем скорость изменения поперечных деформаций становится выше, чем продольных, и в конечном счете происходит разрушение образца.

Применительно к двух- и трехосному сжатию определение длительной прочности путем нагружения образца нагрузкой, вызывающей достижение дифференциальным коэффициентом поперечной деформации величины 0,5, затруднительно, так как при $\sigma_2 \neq \sigma_3$ деформирование в направлении этих напряжений идет с различными ν . Так, для двухосного сжатия при кратко-



Зависимость коэффициента поперечной деформации ν_1 от относительного уровня напряжений $\frac{\sigma_1}{R_b}$ при одноосном сжатии



Изменение КПДП соответствующих пределу длительной прочности при двухосном сжатии для различных уровней напряжений

временном статическом нагружении [3] при $\nu_2 \approx (0,4...0,5)R_b$, что соответствует нижней границе трещинообразования R_{crc}^0 , при возрастании напряжения σ_1 деформации в направлении σ_2 практически отсутствуют, а деформации в свободном от нагрузки направлении почти удваиваются.

На рис. 2 представлен график изменения коэффициентов поперечной деформации ползучести в направлении напряжений σ_2 и σ_3 при постоянном значении напряжения σ_1 , которое было близко к величине длительной прочности бетона для данного уровня σ_2/R_b .

Как показывают опыты, при определении предела длительной прочности в условиях двухосного сжатия для коэффициентов поперечной деформации справедливо условие $(\nu_2 + \nu_3) \approx 1$. Если же $(\nu_2 + \nu_3) > 1$, то это свидетельствует о том, что идет увеличение объема образца и материал стремится к разрушению. В случае, когда $(\nu_2 + \nu_3) < 1$, наблюдается последующая стабилизация деформаций ползучести.

На рис. 2 графически показана взаимосвязь коэффициентов поперечной деформации ν_2 и ν_3 при двухосном сжатии по мере роста меньшего напряжения σ_2 . При этом предполагается, что сжимающие напряжения σ_1 при осевом сжатии достигают уровня, соответствующего верхней границе трещинообразования, а $\nu_2 \approx \nu_3 = 0,5$. Здесь же учитывается, что при $\sigma_2 \approx R_{crc}^0$ $\nu_2 \approx 0$, а $\nu_3 \approx 1$. В целом же при $\sigma_2 \leq R_{crc}^0$ $\nu_2 + \nu_3 \approx 1$. Знак этого неравенства зависит от достигнутого уровня напряжения σ_1 . Если $\sigma_1 \geq R_{crc}^0$, то $\nu_2 + \nu_3 \approx 1$. Если же $\sigma_1 < R_{crc}^0$, то $\nu_2 + \nu_3 < 1$.

Таким образом, из графиков рис. 2 следует, что при $\nu_2 + \nu_3 < 1$ значения коэффициентов поперечной деформации ползучести находятся внутри очерченной области, а при $\nu_2 + \nu_3 > 1$ значения названных коэффициентов расположены за пределами этой области.

В первом случае длительное выдерживание нагрузки не ведет к прогрессирующему деформированию, и разрушение образца не

происходит. Во втором случае разрушение неизбежно. При этом, чем больше сумма $\nu_2 + \nu_3$, тем скорее это произойдет.

Для оценки длительной прочности при двухосном сжатии можно воспользоваться уравнением (3), которое подтверждается нашими опытами

$$R_{u,2c} = \eta_{crc}^{\nu} [R_b + \beta \left(-\frac{\sigma_2}{R_b}\right)^{0,25} \cdot R_b], \quad (3)$$

а для описания кривых на графиках рис. 2 — уравнениями (4), (5)

$$\nu_2 = \eta_{crc}^0 \cdot e^{-a \left(-\frac{\sigma_2}{R_b}\right)} \quad (4)$$

$$\nu_3 = 1 - \eta_{crc}^0 \cdot e^{-a \left(-\frac{\sigma_2}{R_b}\right)} \quad (5)$$

где a — эмпирический коэффициент.

Таким образом, из предыдущего следует, что необходимо исследовать поведение ν_2 и

↓ з при длительном двухосном сжатии с напряжениями $\sigma_1 \geq R_{u,2c}$. Такие же проблемы необходимо решать и для трехосного неравномерного сжатия.

Хотелось бы отметить, что многие исследователи в ходе испытаний задаются уровнями нагрузки, близкими к $R_{cr,c}$, и, не зафиксировав разрушающую нагрузку, повышают ее ступенями с длительной выдержкой. Получается, что они совершают длительное ступенчатое нагружение, которое, как известно, приводит к повышению длительной прочности [4, 5]. Такой способ нагружения способствует приспособляемости материала и снижению концентрации напряжений за счет ползучести и, как следствие, приводит к повышению длительной прочности. Рекомендации по исследованию длительной прочности подразумевают подъем нагрузки сразу до заданного уровня без догружений. В то же время массивные конструкции и сооружения загружаются до расчетной нагрузки в течение длительного времени (подъем воды в верхнем бьефе плотины, преднапряжение защитных оболочек и корпусов высокого давления), а следовательно, для практических целей более достоверными результатами являются те, которые получены при ступенчатом или плавном нагружении в течение длительного времени.

Наши опыты и эксперименты других исследователей [4, 5] доказывают, что, если образцы загружаются постепенно и с малой скоростью, то под влиянием ползучести происходит релаксация напряжений между матрицей и заполнителем, и тем самым снижается неоднородное поле напряжений. При этом создаются условия для более синхронного разрушения отдельных объемов материала. В таком случае прочность материала используется более полно, и несущая способность увеличивается. Происходит эффект длительного упрочнения материала.

В Ы В О Д Ы

Предел длительной прочности бетона не является величиной постоянной и зависит от способа нагружения.

Использование результатов наблюдений за коэффициентами поперечной деформации в процессе нагружения и выдержки под нагрузкой дает возможность более детального исследования механизмов упрочнения и разрушения бетона.

Наиболее благоприятными условиями для работы материала в бетонных конструкциях и сооружениях является постепенное нагружение в течение нескольких месяцев, что приводит к существенному повышению длительной прочности не только для

одноосного сжатия, но и для других видов напряженного состояния.

Библиографический список

1. Беликов В.А., Зурабян А.С. Исследование длительного сопротивления сжатых элементов из высокопрочного бетона // Энергетическое строительство. — 1975. — № 2. — С. 71—75.
2. Малашкин Ю.Н., Безгодов И.М. Исследование длительной прочности и деформативности бетона на одно-, двух- и трехосном сжатии // Материалы конференций и совещаний по гидротехнике: Предельные состояния бетонных и железобетонных конструкций энергетических сооружений. — 1987, с. 216—219.
3. Малашкин Ю.Н., Безгодов И.М. Оценка предельных состояний бетона при двухосном сжатии // Материалы конференций и совещаний по гидротехнике: Предельные состояния бетонных и железобетонных конструкций энергетических сооружений, ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. — 1982, с. 183—188.
4. Коркишко А.Н. Длительная прочность стоек, армированных высокопрочной арматурой // Изв. вузов. Сер.: Строительство и архитектура, 1980, № 5, с. 15—18.
5. Шелкунов В.Г. Напряженно-деформированное состояние сжатого бетона и железобетона. — Киев—Одесса: Вища школа, 1983, с. 163.
6. Шербаков Е.Н., Ажидинов С.С. К оценке быстронатекающей части деформаций ползучести бетона // Бетон и железобетон. — 1994. — № 6. — С. 27—30.
7. Яшин А.В. Деформации бетона под длительным воздействием высоких напряжений и его длительное сопротивление при сжатии // Особенности деформаций бетона и железобетона и использование ЭВМ для оценки их влияния на поведение конструкций. — М., 1969. С. 38—76.

Государственный научный центр Российской Федерации

"СТРОИТЕЛЬСТВО"

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт
бетона и железобетона (НИИЖБ)

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона Государственного научного центра "Строительство" РФ осуществляет подготовку научных кадров высшей квалификации через аспирантуру с отрывом и без отрыва от производства по специальностям: 05.23.01 — "Строительные конструкции, здания и сооружения" и 05.23.05 — "Строительные материалы и изделия".

В аспирантуру на конкурсной основе принимаются граждане Российской Федерации, имеющие высшее профессиональное образование. Обучающиеся в аспирантуре на очном отделении освобождаются от призыва для службы в вооруженных силах России.

Срок обучения в очной аспирантуре — 3 года, в заочной аспирантуре — 4 года.

Заявление о приеме в аспирантуру подается на имя директора института с приложением следующих документов:

— копии диплома о высшем профессиональном образовании;

— списка опубликованных научных работ, изобретений и отчетов по научно-исследовательской работе, если таковые имеются;

— удостоверения о сдаче кандидатских экзаменов при наличии у поступающего сданных кандидатских экзаменов.

Прием заявлений производится до 10 сентября.

Поступающие в аспирантуру в октябре сдают конкурсные экзамены по специальности, философии и иностранному языку.

С 1996 года в НИИЖБ с целью обеспечения института молодыми кадрами высшей квалификации введена дополнительная форма обучения в аспирантуре на контрактной основе, в соответствии с которой аспирантам устанавливается надбавка к стипендии в размере от 10 до 12 минимальных зарплат в месяц. По окончании аспирантуры молодые ученые обязаны отработать в институте не менее трех лет.

В аспирантуру на контрактной основе принимаются абитуриенты, постоянно проживающие в Москве или в Московской области.

Обращаться: 109428 Москва, 2-я Институтская ул., дом 6, НИИЖБ, тел.(095) 174-76-60.

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru

Об испытании бетона на морозостойкость

Испытание бетона на морозостойкость — самое длительное, энерго- и трудоемкое стандартизированное испытание бетона. Смысл его заключается в лабораторной проверке способности материала сопротивляться разрушающему действию замерзающей в его порах воды или растворов солей. Испытание требует использования специального холодильного оборудования, с помощью которого в лаборатории в той или иной степени воссоздаются природные (или производственные) условия влияния среды на строительную конструкцию. Установлено, что каждый цикл замораживания и оттаивания приводит, как правило, к небольшому объему повреждений, но при повторяющихся циклах эти повреждения накапливаются, приводя при достаточном большом их числе к некоторому суммарному разрушительному эффекту, который рассматривается стандартом как критический.

Повреждение при действии мороза, наряду с коррозией арматуры — наиболее распространенная причина разрушения бетонных и железобетонных конструкций и сооружений при действии среды. Следовательно, необходимость и важность прогноза и обеспечения морозостойкости бетона, определяющей долговечность огромного числа конструкций и сооружений, не вызывает ни малейших сомнений.

Эта проблема, всегда бывшая актуальной для отечественного строительства, приобретает сейчас еще большую остроту в связи с изменившимся геополитическим положением России, ставшей более северно ориентированной страной, и с глобальным потеплением климата, что приводит в ряде районов к

увеличению числа теплосмен в осенне-зимний и зимне-весенний периоды года.

В своих главных чертах основной стандартный метод определения морозостойкости был предложен более 100 лет назад (в 1886 г.) крупнейшим отечественным инженером-исследователем, проф. Н.А. Белелюбским [1]. Метод был несколько модифицирован в конце 1940-х годов в стандартах на гидротехнический бетон. Условия испытания бетона на морозостойкость в настоящее время регламентируются действующим ГОСТ 10060-87 "Бетоны. Методы контроля морозостойкости". Этот стандарт, кроме основного метода, по предположению, весьма близко моделирующего наиболее распространенные природные воздействия, предусматривает еще два ускоренных метода определения морозостойкости.

Поскольку морозное разрушение бетона определяется деформационной гетерогенностью конгломератного материала и характеризуется микротрещинообразованием на различных структурных уровнях, сопровождаемым своеобразным "разрыхлением" бетона [2], в принципе могут быть предложены различные методы определения морозостойкости. В методах, предлагаемых стандартом, ускорение достигается за счет насыщения бетона не водой, а водным раствором хлористого натрия и понижения температуры замораживания до -50°C (вместо -15°C). Мерой морозостойкости является число стандартных циклов замораживания и оттаивания, которое бетон может выдержать до критического снижения его прочности, определяемой в начале испытания.

Поскольку эксплуатационные условия весьма разнообраз-

ны, различными нормативными документами установлены марки бетона по морозостойкости. Таких марок в настоящее время 14 — от F15 до F1000. Марка F1000, например, означает, что бетон должен выдержать 1000 циклов попеременного замораживания и оттаивания в насыщенном водой состоянии. Стандартный цикл по основному методу длится практически одни сутки, и следовательно, испытание может растягиваться на годы, т.е. часто лишается смысла, поскольку объект за это время может быть введен в эксплуатацию независимо от результатов испытаний. Времени на повторные испытания, как правило, не остается. Упрек в крайней затянутости испытаний — обычное содержание критики в адрес стандарта.

Использование ускоренных методов предусматривалось одноименным ГОСТ 10060-76, и они были включены в заменивший его ГОСТ 10060-87. Стандарт подвергся значительному изменению, и это коснулось также ускоренных методов — часть их не вошла в новый ГОСТ и заменена другими. Слабое место всех ускоренных методов — необходимость их увязки с основным, на котором, в свою очередь, основаны все нормативные и проектные требования по морозостойкости бетона. Для некоторых из используемых и предлагаемых ускоренных методов это не может быть сделано единым для всех составов бетона способом по принципиальным соображениям. Коэффициенты перехода от "основных" циклов к ускоренным носят сугубо статистический, усредненный характер, что во многих случаях приводит к значительным расхождениям при испытаниях по основному и ускоренному методам.

Отсюда — неудовлетворенность ситуацией и замена одних ускоренных методов другими. Так и сейчас, по имеющимся у нас данным, при очередном пересмотре стандарта предполагается ввести новые ускоренные методы, вернувшись частично к идеям ГОСТ 10060-76.

Установление "переходных" коэффициентов между основным и ускоренными методами — сложная, многофакторная и трудоемкая задача, корректное решение которой значительно осложняется высоким разбросом результатов, характерным для бетона, испытываемого на морозостойкость. Нам неизвестны опубликованные или отчетные данные, которые давали бы необходимое статистическое обоснование ускоренных методов, включенных в стандарт. Таким образом, базой определения морозостойкости остается основной (первый по ГОСТ 10060-87) метод с присущими ему отмеченными выше особенностями. Однако этим специфика определения и нормирования морозостойкости не исчерпывается.

Морозостойкость, как отмечалось выше, оценивается в стандартных циклах попеременного замораживания и оттаивания. Критерием того, что бетон выдерживает многоцикловые стандартизированные испытания, является, по ГОСТ 10060-87, то обстоятельство, что прочность бетона при сжатии после некоторого числа циклов, задаваемого его маркой по морозостойкости, снижается не более чем на 5%. Это требование — одно из центральных в стандарте, так как им устанавливается критерий морозостойкости бетона.

В таком критерии, возможно, уже заключено определенное противоречие, так как морозостойкость, измеряемая числом циклов, оценивается изменением прочности бетона, т.е. не прямым, а косвенным показателем. Точность определения при этом неизбежно страдает. Поскольку стандарт не предусматривает

использование приборных средств, которые позволили бы вести непрерывный контроль за изменением прочности бетона по мере его прогрессирующего циклического замораживания, этот кон-

троль осуществляется дискретно — после достижения числа циклов, составляющего около 75% его марки (предварительная оценка), и затем — по достижении марки по морозостойкости. Заметим, что усталостные, также циклические испытания металлов (в том числе арматуры) в этом смысле являются более логичными, поскольку они ведутся до разрушения образцов, а не до потери ими некоторой доли исходных характеристик.

Сравнение начальной прочности бетона до его испытания на морозостойкость с прочностью бетона после n циклов замораживания и оттаивания неявно основано на двух предположениях. Поскольку испытание прочности до и после замораживания проводится разрушающим образцы методом, т.е. на различных образцах, предполагается, что эти образцы в идеале в начале испытания идентичны или, во всяком случае, их отличия несущественны. Второе предположение заключается в том, что единственное влияние, которому подвержены образцы, — это действие попеременного замораживания и оттаивания, которое и является исключительной причиной различий между прочностью образцов в начале испытания и в его конце. К сожалению, ни одно из этих неявных предположений не оправдывается, что связано с органически присущими бетону, как материалу, особенностями.

Сравнение "начальных" и "конечных" образцов — самое существенное положение стандарта, поскольку (если исключить случай, когда образцы "развалились" в процессе испытания на морозостойкость) стандарт требует не прямого определения прочности замораживавшихся образцов, а косвенного его сравнения с начальной прочностью. Поэтому определение "потери веса", которому присущи свои недостатки и которое практически исчезло из стандарта, было в указанном смысле более логичным. Таким образом, результаты испытаний полностью зависят от надежности и представительности начального, эталонного определения.

Одной из особенностей бетона является достаточно низкий показатель однородности его свойств, в частности, прочности. Это объясняется общей многоуровневой гетерогенностью материала и технологией его получения из материалов (щебня, песка) природного происхождения, обычно не проходящих операции "усреднения" перед использованием в бетоне. Свой "вклад" в неоднородность вносят и способ укладки бетона, и процесс его твердения. Обычный коэффициент вариации бетона при испытании на прочность 8—12%, причем допустимым считается и вариационный коэффициент, равный 16 и даже 20%, — для массивных гидротехнических сооружений [3]. Морозостойкость является структурно чувствительной характеристикой бетона, и по мере испытания на морозостойкость в материале появляются новые дефекты — несплошности и микротрещины, затем формирующиеся в макроразрушения, что неизбежно сказывается на прочности и увеличивает разброс ее показателей по сравнению с бетоном, твердеющим в нормальных условиях.

Нами проанализирован определенный объем экспериментальных данных, связанных с испытанием бетона на морозостойкость, как опубликованных в свое время известными исследователями, так и полученных в последние годы сотрудниками лаборатории коррозии НИИЖБа при стандартных испытаниях бетона на морозостойкость по различным методам, рекомендуемым ГОСТ 10060-87. Из этих данных следует, что, как общее правило, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации по прочности по мере испытания бетона на морозостойкость увеличиваются. Иногда они достигают весьма высоких значений, далеко уходящих за границу, допускаемую ГОСТ 18105-86. Некоторые из этих данных приведены в табл. 1, где представлены обобщенные статистические характеристики прочности бетона, испытываемого на морозостойкость. Отметим, что начальные значения коэффициентов вариации обычно вполне

Начальные данные				Испытание на морозостойкость																Источник	
№ п.п.	\bar{R}_m	σ_m	V_n	N	\bar{R}_m	σ_m	V_n	N	\bar{R}_m	σ_m	V_n	N	\bar{R}_m	σ_m	V_n	N	\bar{R}_m	σ_m	V_n	Метод испытания по ГОСТ 10060-87	
1	54	3	5,5	75	51	3,5	6,9	150	30,4	7,04	23	225	17,4	8,3	50,1					1	[4]
2	33,8	2,14	6,3	3	36,6	3,25	8,9	5	34,7	4,4	12,8	8	26,3	1,48	5,6	12	23,9	7,04	29	2	Журнал испытательный ЦЛК НИИЖБ
3	41,6	5,5	13,2	8	36,8	1,8	4,9	15	36,2	2,3	6,4	19	35,7	5,5	15,4	35	28,8	7	24,3		
4	48,3	3,6	7,5	10	44,9	5,6	12,5	20	44,2	11,3	25,5	35	47,3	2,7	5,7						
5	26,9	2,3	8,6	5	14,4	0,71	4,9	8	21,8	5,3	24,3	12	7,7	0,95	12,3						
6	26,1	1,24	4,7	5	24,3	3	12,4	8	27,4	3,9	14,2									2	

Примечания: 1. Метод 1^{*} в эксперименте, представленном в строке 1, указан условно, поскольку исследование было опубликовано в 1976 г.

2. Обозначение символов: \bar{R}_m — среднее арифметическое прочносте бетона при сжатии, МПа; σ_m — среднее квадратическое отклонение, МПа; V_n — вариационный коэффициент, %; N — число циклов замораживания и оттаивания

укладываются в нормативные требования.

Бетон, который прошел испытания на морозостойкость (или подвергся морозному воздействию, даже если он испытание выдержал), это в некотором смысле уже не тот материал, который был запроектирован. Надежность его понижена, что, возможно, должно в более явном виде учитываться при расчете и проектировании.

Расчет среднего квадратического отклонения прочносте бетона, на основании которого вычисляли коэффициенты вариации, представленные в табл. 1, осуществляли по двум формулам, рекомендуемым ГОСТ 18105-86 "Бетоны. Правила контроля прочносте",

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_m)^2}{n-1}};$$

(1, 2)

$$\sigma_m = \frac{W_m}{a},$$

причем разница в результатах расчетов по обеим зависимостям оказалась в принципе малозначительной.

Данные, представленные в табл. 1, отражают также достаточно типичную картину неустойчивости результатов, получаемых при определении моро-

зостойкости бетона по ГОСТ 10060-87. Она объясняется реальным высоким разбросом (высокой дисперсией) показателей прочносте при этих испытаниях. Однако тенденция увеличения среднего квадратического отклонения и коэффициента вариации прочносте с ростом числа циклов испытания проявилась при этом вполне отчетливо.

Характеристикой однородности бетона при его испытании на морозостойкость, естественно, также может служить число циклов, которое выдержали образцы из одного замеса (одной партии) до достижения ими критерия морозостойкости. Статистическая обработка результатов эксперимента, опубликованного в [5], приведена в табл. 2. Она подтверждает данные, представленные в табл. 1.

Хотя данные, представленные в табл. 1 и 2, были получены на протяжении почти полувекового интервала времени, они характеризуют достаточно

устойчивую картину явления, что, по-видимому, свидетельствует о том, что здесь проявились свойства, присущие бетону как материалу.

Как абсолютное значение среднего квадратического отклонения прочносте бетона при испытании на морозостойкость, так и факт его увеличения с возрастанием числа циклов приводят к ряду следствий.

Проанализируем, например, насколько корректен установленный ГОСТ 10060-87 5%-ный критерий снижения прочносте при определении марки бетона по морозостойкости. Примем, что для такой случайной величины, как прочносте образцов, испытываемых на морозостойкость, справедлив нормальный закон распределения. Это наиболее естественное предположение, имеющее к тому же экспериментальное обоснование [6].

Предположим, имеются две партии бетона из одного замеса, которые должны испытываться

Таблица 2

№ п.п.	Характеристика бетона		Число циклов N , выдержанное образцами в партии			Среднее квадратическое отклонение σ_N , цикл	Вариационный коэффициент V_N , %
	В/Ц	расход цемента, кг/м ³	максимальное N_{max}	минимальное N_{min}	среднее N_{cp}		
1	0,8	225	270	90	180	106	58,8
2	0,63	285	365	245	305	71	23,3
3	0,52	345	440	330	385	65	16,9
4	0,45	405	510	370	440	83	18,8

Таблица 3

Относительное среднее квадратическое отклонение прочности бетона (коэффициент вариации), %	Предельное допускаемое по стандарту снижение прочности бетона, %			
	5	10	15	25
10	0,31	0,158	0,067	0,0062
15	0,371	0,255	0,159	0,0475
20	0,401	0,31	0,227	0,107
25	0,421	0,35	0,275	0,159
30	0,434	0,375	0,31	0,2

на морозостойкость. При определении средней прочности одной партии до начала испытаний получено значение \bar{R}_1 , которое будем считать математическим ожиданием m . Оценим, какова вероятность того, что при испытании второй партии случайная величина R_2 выйдет за пределы допускаемого 5%-ного снижения прочности \bar{R}_1 , т.е. бетон окажется "неморозостойким". Для случайной величины R_2 , подчиненной нормальному закону, такая оценка может быть получена на основании формулы [7]

$$P(\alpha < R_2 < \beta) = \Phi^* \left(\frac{\beta - m}{\sigma} \right) - \Phi^* \left(\frac{\alpha - m}{\sigma} \right), \quad (3)$$

где m — математическое ожидание случайной величины; σ — ее среднее квадратическое отклонение; α и β — границы оцениваемого "запрещенного" стандартом интервала снижения прочности; Φ^* — нормальная функция распределения (интеграл вероятностей).

Приняв относительные значения величин, входящих в формулу (3), получим $m = 1$, $\alpha = 0$, $\beta = 0,95$ (5%-ный критерий морозостойкости) и $\sigma = 0,1$ (коэффициент вариации 10%), откуда

$$(0 < R_2 < 0,95) = \Phi^*(-0,5) - \Phi^*(-10) = 0,3081 \quad (4)$$

Результаты расчетов для других значений средних квадратических отклонений и критериев морозостойкости приведены в табл. 3, где представлены вероятности выхода прочности бетона при втором испытании за пределы ее критериальной границы.

Как следует из табл. 3, при критерии, установленном действующим ГОСТ 10060-87, 30—40% всех образцов могут оказаться "неморозостойкими" еще до начала испытания на морозостойкость. Не очень существенно меняет ситуацию и 10%-ный критерий. В этом смысле критерий допускаемого 15%-ного снижения прочности, установленный ГОСТ 4800-59 "Бетон гидротехнический, Методы испытаний бетона" и тем более 25%-ный критерий по одноименному ГОСТ 4800-49 и по ГОСТ 4795-49 "Бетон гидротехнический. Определения, классификация, технические требования", а также по ГОСТ 10060-62 и ГОСТ 10060-76 "Методы определения морозостойкости" были значительно более оправданными. Хотя и они (см. табл. 3) не вписывались в широко распространенный в технике критерий точности измерений или определений $p \leq 5\%$.

Историческое сравнение стандартов по испытанию бетона "на мороз" не является предметом настоящей статьи, но при их анализе складывается впечатление, что пересмотр не всегда

улучшал стандарт. Сейчас не просто понять, что реально побуждало авторов-разработчиков на изменение критериев и стандартов. Возможно, на то были объективные причины. В частности, как будет показано в дальнейшем, сужение прочностного критерия предъявляет к бетону более высокие требования по морозостойкости.

Такое изменение нормы могло явиться одним из проявлений обратной связи между стандартом и реальным положением дел в строительстве, отражением необходимости повышения морозостойкости бетона в связи с многочисленными случаями морозного разрушения бетонных конструкций. Однако эта тенденция, проведенная слишком далеко, как ясно из изложенного выше, привела к другой крайности — к неустойчивости, случайности результатов, например, когда из-за узкой границы критерия и разброса экспериментальных данных с высокой вероятностью может быть забракован морозостойкий бетон.

Библиографический список

1. Белелюбский Н.А. Однообразное испытание строительных материалов. Мюнхен 1884, Дрезден 1887, С.-Петербург 1888.
2. Подвальный А.М. Коррозионное разрушение бетона при циклических воздействиях среды // Бетон и железобетон. — 1982. — № 9. — С. 9—11.
3. ГОСТ 18105-86 "Бетоны. Правила контроля прочности".
4. Кунцевич О.В. Оценка морозостойкости крупного заполнителя. В кн.: Исследование бетонов повышенной прочности, водонепроницаемости и долговечности для транспортного строительства. 1976.
5. Мощанский Н.А. Плотность и стойкость бетонов. М., 1951.
6. Садыков М.С., Подвальный А.М. Исследование прочности и ползучести бетона в коррозионной среде на малых образцах. В сб.: Коррозия бетона в агрессивных средах. М., 1971.
7. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. М., 1988.

*Окончание следует.

Книга об актуальных проблемах бетоноведения

Готовится к изданию капитальный труд известного ученого, д-ра техн. наук, проф. В.Г. Батракова "Модифицированные бетоны. Теория и практика".

В монографии обобщаются результаты многолетних оригинальных исследований автора в области модифицирования бетонов органическими, неорганическими соединениями и полифункциональными модификаторами на их основе.

Рассмотрены теоретические основы модифицирования бетона, общие и специальные свойства модификаторов, их классификация. Анализируются основные принципы применения в технологии бетона модификаторов структурирующего и пластифицирующего действия, в том числе наиболее эффективные из них — кремнийорганические соединения, позволяющие создать целую группу бетонов высокой коррозионной стойкости и морозостойкости, и суперпластификаторы отечественного производства.

Определены рациональные области применения модификаторов гидрофобно-структурирующего и пластифицирующего действия, а также комплексных модификаторов на их основе. Проанализирован опыт практического использования в строительстве модифицированных бетонов с оценкой технико-экономической эффективности.

В первой главе основное внимание уделяется теоретическим предпосылкам основных направлений модифицирования цементных систем. Подчеркивается значение строения органической молекулы ПАВ, его влияние на пластифицирующие и гидрофобизирующие свойства соединения, роль гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ) в молекуле ПАВ, дается современная классификация ПАВ.

К основным классификационным признакам ПАВ как модификаторов цементных систем автор относит: вид и положение функциональных групп в молекуле, обуславливающие взаимодействие ПАВ с гидроксидом кальция на поверхности твердой фазы; природу радикала и его строение, конформационное состояние макромолекулы цепи, характеризующие сплошность пленки продуктов взаимодействия в поверхностном слое гидратирующегося цемента, в свою очередь, зависящую от толщины монослоя, "посадочной площадки" модификатора; значения ГЛБ в молекуле олигомера, ха-

рактеризующие его принадлежность к соединениям, обуславливающим преимущественно образование адсорбционных пленок или объемных гелеобразных слоев; степень растворимости продуктов взаимодействия олигомеров с жидкой фазой цементного камня.

Во второй главе приводятся результаты обширных исследований автора по проблеме применения в технологии бетона и железобетона кремнийорганических соединений (КОС). Они являются типичными модификаторами свойств цементных систем, используемыми для повышения долговечности различных строительных конструкций из бетона и нашедших широкое применение в гидротехнических и других сооружениях.

Сформулированы основные принципы применения кремнийорганических олигомеров в технологии бетонов и прогноз их эффективности. Рассмотрены вопросы регулирования кинетики гидратации и структурообразования клинкерных минералов и портландцемента, технологических свойств бетонной смеси и физико-технических свойств бетона, включая его долговечность в зависимости от состава и строения КОС, длины цепи, молекулярной массы и вида концевой группы.

Излагаются особенности процесса гидрофобизации бетонов в зависимости от гидротехнической стабильности КОС, их структуры, вида радикала в цепи олигомеров; кинетики твердения, физико-механических свойств, морозостойкости и коррозионной стойкости бетонов при воздействии солевых растворов и их связь со структурой КОС.

Применение КОС различных классов позволило разработать целую группу бетонов высокой морозо- и коррозионной стойкости в условиях преимущественного развития гипсовой и гидросульфаталюминатной коррозии, в том числе в условиях периодического увлажнения и последующего высушивания, капиллярного подсоса и испарения солевых растворов, а также постоянного воздействия хлоридов и сульфатов натрия и магния.

Результаты лабораторных экспериментов подтверждены длительными натурными испытаниями бетонов и железобетонных конструкций на испытательных стендах в районах Баренцева моря и озера Сиваш (Крым). Показаны рациональные области применения бетонов, модифицированных КОС.

Третья глава посвящена одному из наиболее эффективных видов добавок — суперпластификаторам. Исследования, проведенные автором и под его руководством, в значительной степени способствовали развитию промышленного производства этого класса соединений в Советском Союзе, России и странах СНГ. Строительная практика подтвердила высокую эффективность разработанных суперпластификаторов, в частности С-3.

В этой главе рассматриваются вопросы модифицирования бетонных смесей суперпластификаторами на основе главным образом нафталинформальдегидных сульфированных соединений и эффективных пластификаторов на основе модифицированных лигносульфонатов. Анализируются механизм их действия в цементных системах, закономерности изменения свойств продуктов гидратации моно- и полиминеральных вяжущих в зависимости от строения пластификатора; эффект разжижения цементных паст и бетонных смесей, прочностные и деформативные характеристики бетонов при введении в их состав олигомеров разного молекулярного веса (легкой, средней и тяжелой фракций); зависимость эффективности действия суперпластификаторов от минералогического и вещественного состава цемента, состава бетона.

Существенное место в этой главе отведено анализу имеющихся данных по основным физико-техническим и специальным свойствам бетонов разных условий твердения: прочности, модулю упругости, усадке, ползучести, морозостойкости, коррозионной стойкости, защитным свойствам бетонов по отношению к арматуре. Приводятся основные сведения о пластификаторах и суперпластификаторах, применяемых в практике строительства России и СНГ, основные направления модифицирования технических лигносульфонатов, рациональные области применения модифицированных бетонов, достигаемые при этом эффекты.

Четвертая глава посвящена регуляторам схватывания и твердения цементных систем — соединениям органического и неорганического ряда. Рассмотрено место регуляторов твердения неорганической природы в существующих классификациях модификаторов цементных систем. Излагаются особенности механизма действия электролитов различного вида на

процессы структурообразования и твердения цементного камня, строительного раствора и бетона. Анализируются рациональные области наиболее эффективного применения модификаторов противоморозного действия, их выбор в зависимости от типа и условий эксплуатации конструкций и сооружений. Рассмотрены результаты исследований морозо- и коррозионной стойкости бетонов с электролитами, в том числе противоморозного действия, а также их защитные свойства по отношению к арматуре.

Приведены характеристика и технические требования к ускорителям и замедлителям схватывания и твердения бетонов, применяемым в практике строительства России и стран СНГ. Значительное внимание уделено анализу закономерностей регулирования свойств цементных систем бесхлоридными регуляторами твердения на основе солей органических кислот различного состава и строения.

Установлена взаимосвязь состава и строения молекул солей органических кислот с характером процессов, протекающих в цементной системе, на основании чего проведено ранжирование соединений по их воздействию на процессы гидратационного твердения. Среди соединений рассмотренного класса имеются ускорители схватывания, ускорители, интенсификаторы и замедлители твердения.

Пятая глава посвящена модификаторам воздухововлекающего и пенообразующего действия, применяемым в технологии тяжелого, легкого и мелкозернистого бетонов. Рассмотрены основные группы соединений по их химической природе, приведены состав и свойства модификаторов этого типа, проанализированы факторы, обуславливающие эффективность их действия в бетонах, в том числе с позиций их влияния на морозо- и коррозионную стойкость бетонов. Показана возможность эффективного использования ПАВ рассматриваемого типа в технологии производства изделий и конструкций из конструкционно-теплоизоляционных легких и песчаных бетонов, особенности проектирования состава таких бетонов.

В шестой главе рассмотрены вопросы направленного регулирования свойств бетонов модификаторами специального назначения. Проанализирован отечественный и зарубежный опыт исследования и применения биоцидов, ингибиторов коррозии стальной арматуры и ряда других типов модификаторов, эффективность их применения в технологии бетона.

В седьмой главе рассматривается важнейшее направление технического прогресса в технологии бетона — улучшение свойств бетонной смеси и

бетона введением в их состав полифункциональных модификаторов направленного действия преимущественно заводского изготовления.

В этой главе проанализированы вещественный состав комплексных модификаторов, применяемых в технологии сборного и монолитного бетона и железобетона, требования к исходным компонентам, их совместимость, обоснованы способы получения полифункциональных порошкообразных модификаторов (ПФМ) свойств бетонов в виде совмещенного продукта на основе регуляторов структуры (микрогазопенообразователи, гидрофобизаторы), регуляторов схватывания и твердения, пластификаторов, в том числе суперпластификаторов. Установлена возможность и целесообразность замены лигносодержащими компонентами до 30—40 % суперпластификаторов в составе ПФМ при обеспечении равнозначного эффекта пластификации без снижения прочности бетона. Приведены результаты исследования технологических свойств бетонных смесей, показано влияние некоторых технологических факторов на эффективность применения бетонных смесей с ПФМ, физико-механических и физико-технических характеристик бетонов, включая вопросы их морозостойкости, особенности поровой структуры бетонов высокой морозостойкости, плотности и защитных свойств бетонов по отношению к стальной арматуре.

В этой же главе рассмотрены возможности химического модифицирования свойств олигомеров при введении в их состав макромолекул фрагментов иной природы, получения на этой основе соединений многоцелевого назначения и направленного регулирования таким образом свойств бетонной смеси и бетонов. В заключении главы приведены основные направления регулирования технологических свойств бетонной смеси и технических свойств бетона полифункциональными модификаторами.

Восьмая глава посвящена разработке пластифицированных бетонов на смешанных и специальных вяжущих. В ней рассмотрены вопросы получения особо прочных и особо плотных модифицированных бетонов с использованием микрокремнезема, суперпластификаторов и комплексных модификаторов на их основе. Обобщены и проанализированы результаты отечественных и зарубежных исследований по применению микрокремнезема в качестве активных микронаполнителей для бетонов. Приведены классификация и характеристика кремнеземистых добавок техногенного происхождения для бетонов, состав микрокремнезема заводов России и стран СНГ, анализируются факторы, обуславливающие эф-

фективность действия микрокремнезема в цементных системах, излагаются способы получения транспортбельных полуфабрикатов из микрокремнезема в виде водной суспензии (пасты) и уплотненного порошка. Рассмотрен механизм действия микрокремнезема в цементной системе, технологические свойства бетонной смеси и важнейшие физико-технические свойства бетона, включая возможность получения прочности на сжатие более 100 МПа, низкой проницаемости, высокой коррозионной стойкости и морозостойкости, защитных свойств бетона с микрокремнеземом по отношению к стальной арматуре.

В этой же главе приводятся данные по получению “вяжущего низкой водопотребности” (ВНВ) путем интенсивной механохимической обработки портландцемента или смеси портландцемента с минеральной добавкой в присутствии порошкообразного суперпластификатора. Излагаются основные принципы получения ВНВ, его состав и свойства, особенности технологии и свойств бетонной смеси и бетона с применением этого вида вяжущего, в том числе в условиях твердения при низких отрицательных температурах. Рассмотрены рациональные области применения бетонов на ВНВ в зависимости от его состава.

Одним из технологических приемов, который может привести к существенной экономии товарного портландцемента, является изготовление тонкомолотых многокомпонентных цементов (ТМЦ). Рассмотрены способы получения таких цементов с применением разных помольных агрегатов, эффективность их использования в бетонах с суперпластификаторами и модифицированными лигносульфонатами в зависимости от вида и количества минеральных добавок.

В девятой главе приводятся данные об опыте использования в России и зарубежной строительной практике различных модификаторов бетона. Рассмотрены возможности применения модификаторов гидрофобизирующего и гидрофобно-структурирующего действия для создания сооружений и конструкций высокой долговечности, суперпластификаторов для изготовления сборных и монолитных конструкций и сооружений массового производства и высокопрочных бетонов, а также некоторых видов специального бетона: песчанистого, легкого, бетонов на специальных цементах, включая использование микрокремнезема, ВНВ, ТМЦ, фибробетона.

В качестве приложения к монографии приведен перечень нормативных и рекомендательных материалов по применению модификаторов бетона в строительстве.

ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА!

В сентябре 1996 г. исполняется 80 лет со дня рождения члена редколлегии журнала "Бетон и железобетон", участника Великой Отечественной войны, полковника в отставке, доктора технических наук, академика международной Академии информатизации В.П. Сизова.

Трудовую деятельность Валентин Платонович начал в 1931 г. учеником плотника на учебном комбинате завода "Серп и молот" и одновременно учился на вечернем отделении рабфака. В 1936 г., окончив рабфак, поступил в Московский институт инженеров железнодорожного транспорта (МИИТ). В июле 1941 г. после окончания института был призван в Красную Армию и направлен на курсы по подготовке офицерского состава, а в ноябре приступил к службе в действующей армии.

Участвовал в восстановлении мостов, виадуков, труб, тоннелей и других железнодорожных объектов на Северо-Западном, Калининском, 4-м Украинском фронтах. Награжден орденами Отечественной войны второй степени, Красной Звезды, двумя медалями за боевые заслуги, медалью за победу над Германией и многими другими медалями.

По окончании ВОВ занимал должности инженера батальона, главного технолога главка, командира научной части. Принимал активное участие в строительстве оборонных и специальных сооружений, аэродромов и ракетных комплексов. В 1955 г. окончил адъюнктуру и защитил кандидатскую диссертацию.

После демобилизации в 1971 г. работал старшим научным сотрудником в ЦНИИОМТП, НИИЖБе. Участвовал в разработке Руководства по подбору состава бетона, Рекомендации по применению методов математического планирования экспериментов в технологии бетона и других нормативных документов. Его перу принадлежат более 140 научных трудов, в том числе 50 статей в журнале "Бетон и железобетон". Им изданы Справочник по лабораторному оборудованию, Руководство по совершенствованию организации и проведения контроля качества при производстве строительно-монтажных работ и монография по проектированию состава бетона, которая трижды переиздавалась и является настольным пособием для строительных и заводских лабораторий, а также для сотрудников НИИ и вузов.

Валентин Платонович провел обширные экспериментальные исследования, уточнил формулу прочности бетона, разработал и опубликовал методы прогнозирования морозостойкости и водонепроницаемости бетона на стадии подбора его состава, что позволяет, не ожидая окончания испытаний, выдавать состав бетона на производство. Им ре-



шен весьма спорный вопрос по определению оптимального содержания песка в бетоне. Впервые наиболее полно обобщено влияние различных факторов на свойства бетонной смеси и бетона. Установлены очень важные закономерности и правила, позволившие разработать таблицы, графики, номограммы для назначения основных параметров, необходимых при подборе состава бетона, и приблизить подбор состава к расчетному.

По инициативе В.П. Сизова проводились научно-технические советы Госстроя СССР по совершенствованию ГОСТов, отдельной технологии приготовления бетона, по обсуждению ошибочных теорий, по применению одной узкой фракции щебня. Он принимал участие в дискуссии по применению мелких песков в бетонах. Проводил семинары во многих городах страны по вопросам подбора составов бетона, по оборудованию лабораторий, выступал на Всесоюзных конференциях по бетону и железобетону. Его проблемные, дискуссионные, критические статьи способствовали совершенствованию нормативных документов, технологии бетонных работ. За вклад в науку ему присвоено звание академика Международной академии информатизации.

Редакция и редколлегия журнала "Бетон и железобетон" вместе с друзьями и коллегами юбиляра поздравляют Валентина Платоновича с 80-летием со дня рождения, 65-летием трудовой и 45-летием научной деятельности, желают ему счастья, здоровья, благополучия, долгих лет жизни и дальнейших творческих успехов в науке.

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

*Оригинал-макет изготовлен в Стройиздате
с использованием настольной издательской системы на основе ПЭВМ*

Корректор Н.Я. Шатерникова

Подписано в печать 18. 07.96. Формат 60x88¹/8. Печать офсетная. Бумага книжно-журнальная.
Усл.печ.л. 4,00. Уч.-изд.л. 5,2. Заказ № 1031

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

*Отпечатано в типографии № 9
Комитета РФ по печати
109033, Москва, Волочаевская, д. 40*

К 70-летию Б.А. Крылова

19 августа 1996 г. исполнилось 70 лет со дня рождения заместителя директора Научно-исследовательского, проектно-конструкторского и технологического института бетона и железобетона (НИИЖБ) ГНЦ "Строительство", действительного члена Российской академии архитектуры и строительных наук, Российской инженерной академии, Международной академии информатизации, доктора технических наук, профессора, лауреата премии Совета Министров СССР Крылова Бориса Александровича.

В течение многих лет Борис Александрович успешно занимается решением важнейших проблем развития технологии бетона. Ему принадлежат глубокие теоретические и экспериментальные исследования бетона и железобетона в экстремальных условиях при низких температурах и в жарком климате. Разработки в области предварительного разогрева бетонной смеси, форсированного разогрева бетона, электропрогрева и электроразогрева с помощью специально созданных электронагревательных устройств давно и прочно вошли в практику строительства, обеспечив возможность вести его круглогодично. Норильск и Якутск, Урал и Кузбасс, стройки БАМа, Байконура, Каховской и Волжской ГЭС — вот неполная география широкого использования предложенных ученым и его школой новых методов бетонирования.

Хорошо известен вклад юбиляра в развитие промышленности сборного железобетона. Комплексные работы по созданию гелиотехнологии, использованию электроэнергии вместо пара и продуктов сгорания природного газа при тепловлажностной обработке нашли эффективное применение на предприятиях Узбекистана, Таджикистана, в Алма-Ате, Череповце и Таганроге. Большой золотой медалью на Международной выставке в Пловдиве удостоена его оригинальная термоабразивная установка для очистки бетона, металлов, камня от любых загрязнений.

Борис Александрович активно участвует в международном научно-техническом сотрудничестве, на протяжении многих лет трудится в комитетах и комиссиях ряда



международных организаций. Он ведет большую научно-общественную работу, являясь председателем и членом нескольких специализированных советов по присуждению ученых степеней, членом редколлегий журналов, руководителем многих творческих коллективов.

Научные труды одного из крупнейших в своей области ученых страны общепризнанны. Им опубликовано свыше 300 печатных работ, получено более 80 авторских свидетельств и патентов, под его руководством подготовлено свыше 50 высококлассных специалистов. Правительственными наградами — орденом "Знак Почета", медалями, дипломами — отмечен вклад Бориса Александровича в развитие народного хозяйства страны.

Поздравляя юбиляра, мы рады отметить, что в числе своих постоянных авторов имеем ученого с мировым именем, специалиста высочайшего класса, остроумного и эрудированного человека. Редакция, редколлегия нашего журнала и все знающие и любящие Бориса Александровича желают ему сохранить на долгие годы свой творческий потенциал и присущие ему бодрость и оптимизм.

Новая монография

Стройиздат при спонсорской поддержке НИИЖБа подготовил к публикации монографию академика Н.И. Карпенко "Общие модели механики железобетона". Специалисты, занимающиеся исследованиями бетонных и железобетонных конструкций, давно ждут выхода в свет подобной книги. Автор, хорошо известный в России и за ее пределами, является одним из основателей нового научного направления, получившего название "механики железобетона".

Работы Н.И. Карпенко, его учеников и последователей широко освещены в многочисленных журнальных статьях, сборниках научных трудов. Наступил момент систематизировать накопленный богатейший материал с единых методических позиций механики твердого деформируе-

мого тела. Этому и посвящен капитальный труд ученого.

Основное внимание в книге уделено построению общей модели деформирования и разрушения материала с учетом его физической нелинейности, анизотропии, трещинообразования, ползучести и других характерных свойств. На базе модели строятся определяющие соотношения для бетона и железобетона, которые в совокупности с уравнениями равновесия и совместности деформаций дают полный комплект разрешающих уравнений механики.

Рассмотрены вопросы численного решения нелинейных дифференциальных уравнений механики. Для этого используются методы конечных разностей и конечных элементов. Приводятся результаты расчета на

ЭВМ железобетонных конструкций различных класса и назначения. Много внимания уделяется также практическому проектированию. Например, приведены формулы, позволяющие подобрать армирование элементов при различных объемных и плоских напряженных состояниях. В отдельных главах книги специалисты могут найти практически все необходимые сведения по любому направлению механики железобетона. Это позволяет надеяться, что книга очень скоро станет настольным пособием для всех интересующихся данными вопросами.

Монография выходит малым тиражом.

Заявки просьба присылать по адресу: 109428, Москва, 2-я Институтская ул., 6, НИИЖБ; факс 1706013, тел. 174-74-49

С.Ф. Клованич,
д-р техн. наук, проф.



Отличное качество **Либхерр** ГмбХ известно во всем мире!

Либхерр производит:

- для строительства — башенные краны, самоходные краны, гидрокскаваторы, канатные гидрокскаваторы, бульдозеры и бульдозеры-погрузчики, колесные погрузчики, бульдозеры для сварочных работ, бетоносмесительные установки и автобетоносмесители;



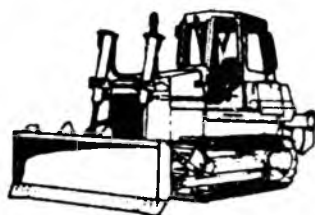
- для быстрой перевалки грузов — контейнерные краны, самоходные портовые краны, судовые и специализированные краны;



- для машиностроения и строительства установок — станки, системы сопряжения и автоматизации, авиационное оборудование. Для бытовой сферы компания Либхерр предлагает широкую программу холодильников и морозильных аппаратов, а для туризма — гостиницы в Ирландии, Австрии и Федеративной Республике Германия.



Для заказчиков во всех странах мира мы строим промышленные комплексы, начиная с проектирования вплоть до готового завода.



Незаменимая техника для сноса ветхих железобетонных строений!

Ищем региональных дилеров!

Представительство в Москве

103001, Москва, Мамоновский пер., 6

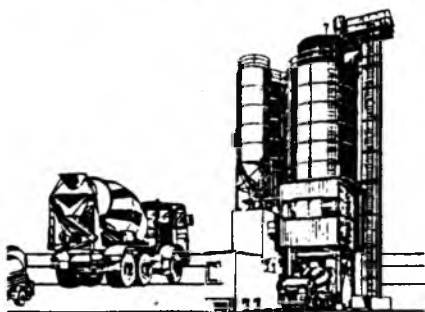
Тел. 095-209-66-79/200-02-35/

/200-54-13/209-28-37

Телекс: 413372

Телефакс: 095-200-02-35

Телетайп: 611271 ШВАБ



LIEBHERR

Бологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru