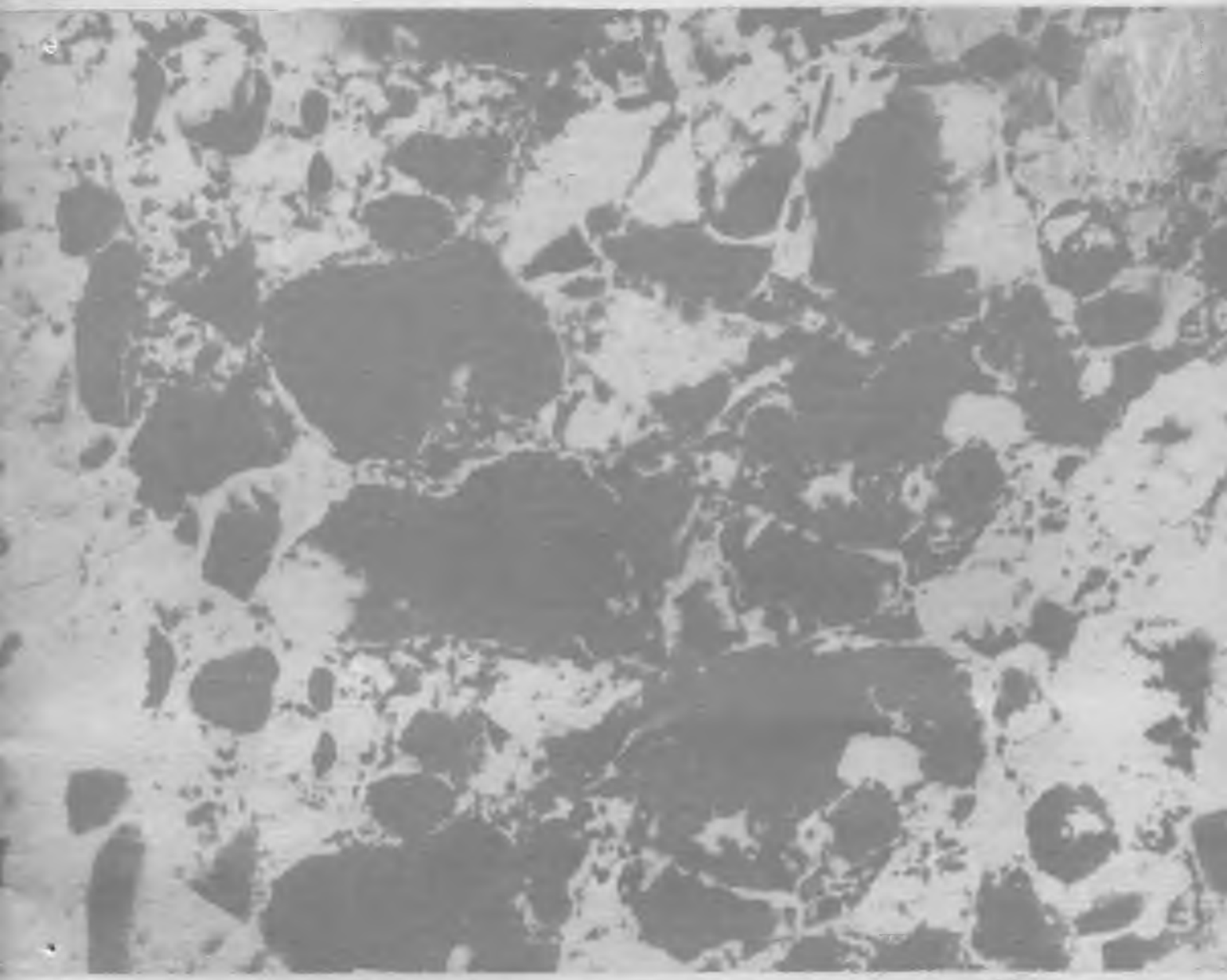
ISSN 0005-9889

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

12
1993



Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Уважаемые читатели журнала «Бетон и железобетон», руководители организаций и предприятий!

Редколлегия и редакция журнала обращаются к Вам с просьбой поддержать издание журнала, оказавшегося в крайне тяжелом финансовом положении в связи с резким удорожанием бумаги, типографских услуг, ростом расходов по доставке его подписчикам, что может привести к закрытию журнала.

Редколлегия, работающая на общественных началах, прилагает много усилий для сохранения издания журнала путем частичной его коммерциализации и поиска спонсоров. На страницах журнала будут указаны спонсоры и организации, оказывающие поддержку журналу, а также публиковаться реклама этих организаций.

Для номеров 1994 года редколлегия готовит ряд статей и материалов, представляющих большой интерес для производственников в деле технического прогресса, которые, бесспорно, Вас заинтересуют.

Просим Вас рассмотреть наш призыв и активнее осуществить подписку на журнал на 1994 г. (индекс «В и ЖБ» 70050), а если есть возможность, оказать материальную поддержку для его издания.

Средства следует направлять в Стройиздат (структурным подразделением которого является наш журнал): 101442, Москва, ГСП, Долгоруковская ул., 23а. Расчетный счет 362106 в Свердловском отд. Мосбизнесбанка г. Москвы, МФО 201241 — на издание журнала «Бетон и железобетон».

От состава редколлегии
главный редактор **Р. СЕРЫХ**

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
ЖУРНАЛ

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

12 (465)

Издается с апреля 1955 г. Учредители: ВНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОН, НИИЖБ АК "ПОЛИМОД" Декабрь 1993

СОДЕРЖАНИЕ

Ячеистые бетоны и изделия на их основе

Серых Р. Л. Ячеистые бетоны в программе "Стройпрогресс" 2
Сахаров Г. П., Стрельбицкий В. П. Высококачественные стеновые блоки из неавтоклавного газобетона для индивидуального строительства 3
Ухова Т. А. Ресурсосберегающие технологии производства изделий из неавтоклавных ячеистых бетонов 5
Крохин А. М. Физико-технические свойства и технология ячеистобетонных изделий на основе ВНВ и ТМВ 7
Гиндин М. Н. Выбор рациональной схемы производства стеновых блоков из ячеистого бетона 9
Филиппов Б. П. Совершенствование расчета конструкций из ячеистого бетона 11
Емельянова Е. Л. Прочность и трещиностойкость изгибаемых слабоармированных ячеистобетонных элементов 13
Гаврилина И. В., Раценберг Г. А. Изгибаемые конструкции из ячеистого бетона . . . 15
Муромский К. П. Производство и применение неавтоклавного ячеистого бетона 16
Пинскер В. А., Орищенко В. И., Чумак В. П., Претро В. И. Бесцементные автоклавные песчаные поризованные бетоны для жилых домов 17
Акимова А. П. Как помочь сельским жителям не мерзнуть в собственных домах . . . 19

Конструкции

Чаруйский Ю. А., Жавлиев В. Тонкостенные унифицированные плиты для сетчатых оболочек 21
Сидоренко М. В., Коршунов Д. А. О диагностике несущей способности железобетонных конструкций 23
Иссерс Ф. А., Вершинина Н. И., Фурманов А. Б. Преднапряженные конструкции из мелкозернистых бетонов на основе отходов Качканарского ГОКа 26

Теория

Щербаков Е. Н., Ажидинов С. С. Функция времени и напряжений для прогнозирования разрушения бетона под длительной нагрузкой 29

ВОЛОГОДСКАЯ
областная б[illegible]отека
им. И. В. Бабушкина

МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

© Стройиздат, журнал "Бетон и железобетон", 1993

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 666.973.6

Р. Л. СЕРЫХ, д-р техн. наук, председатель Научного совета ГНТПР "Стройпрогресс"

Ячеистые бетоны в программе "Стройпрогресс"

Государственная научно-техническая программа России (ГНТПР) "Стройпрогресс", сформированная в 1989 г., претерпела ряд концептуальных изменений в связи с особенностями перестройки хозяйственного комплекса России, развитием системы рыночных отношений, формированием новых структур в общем комплексе научно-исследовательских и проектных институтов. Сохранив в принципе систему приоритетов, Научный совет ГНТПР ориентировал программу на развитие научно-технологического обеспечения социальной инфраструктуры: создание жилых малоэтажных зданий и объектов социального и бытового назначения, разработку технологий строительных материалов и изделий для обеспечения этой системы с развитием их в области минипроизводственной инфраструктуры. Это связано с тем, что в ближайшее десятилетие прогнозируется переход от массовой застройки многоквартирными домами-гигантами к смешанному типу застройки, в котором существенную, если не преобладающую долю, займет строительство малоэтажных домов, в том числе усадебного типа, и коттеджей. При этом, учитывая гарантии по социальным нормам, в этом процессе должны найти отражение интересы различных групп населения: это создание рынка жилья для людей состоятельных и одновременно осуществление строительства муниципального жилья для относительно малоимущих, предоставляемого населению на правах найма или на коммерческой основе.

ГНТПР сохранила три главных приоритета, к которым отнесены следующие:

1. Создание малоэтажных жилых зданий и объектов социальной инфраструктуры нового поколения для различных групп населения, обеспечивающих высокую экономичность строительства, повышенную комфортность и архитектурную выразительность.

2. Создание новых технологий, ориентированных на получение прогрессивных материалов и изделий с направленностью на высокоинтенсивные мини-технологические комплексы.

3. Создание системы инженерного обеспечения, социальной и производственной инфраструктуры малоэтажного строительства.

В рамках программы разработана концепция системы жилищного строительства с учетом многофакторности жизненного уклада населения и исторического развития городов России. Идеологически концепция захватывает положения Закона РФ "Об основах федеральной жилищной политики" и Государственной программы "Возрождение, строительство, реконструкции и реставрация исторических малых и средних городов России".

Создана методика определения в городах России рациональных объектов нового жилищного строительства, выбытия ветхих домов и модернизация существующего жилищного фонда. Между ними существует определенная взаимосвязь, которая выражается в каждом городе определенными пропорциями их объемов, выявленными специальными социологическими службами. Использование указанных рекомендаций позволит охватить на местах все стороны жилищной практики, лучше использовать как государственные централизованные капитальные вложения, так и другие инвестиции, в том числе средства населения, оптимизировать объемы сноса жилых домов, вовремя отодвинуть, благодаря капитальному ремонту, моральное и физическое устаревание построенного фонда.

Дальнейшее развитие отрасли в обеспечении жилищной политики предусматривает создание комплекса мероприятий для обеспечения строительства мелкоштучными стеновыми материалами и изделиями, позволяющими реализовать различные объемно-планировочные решения малоэтажной и коттеджной застройки городов и поселков России.

Наиболее перспективным в этом направлении является проведение комплекса исследований и разработка мобильных технологий по производству мелких блоков из ячеистых бетонов как автоклавного твердения, так и особенно безавтоклавного и естественного твердения. Последнее позволяет обеспечить широкое распространение этих технологий в различных регионах России с определенной ориентацией на местные сырьевые ресурсы и энергоносители (в случае безавтоклавного твердения, где требуется минимальная тепловлажностная обработка), либо полное исключение энергоносителей (при естественном твердении, когда продукция выдерживается в соответствующих условиях до отпуска ее потребителям). Кроме этого, в настоящее время созданы различные химические добавки, позволяющие исключить применение в качестве газообразователя алюминиевую пудру. Использование в технологии ячеистых бетонов устойчивых пенообразователей позволяет получать ячеистые пенобетоны и изделия из них как по резательной технологии, так и в индивидуальных формах с четкими геометрическими размерами.

В программе "Стройпрогресс" включены комплексные научно-технические разработки, содержащие научную часть технологии новых композиций и структур ячеистого бетона (НИИЖБ — головная организация) на крупнотоннажных отходах различных производств. Среди них хвосты горнообогатительных производств, золы-уноса и золо-шлаковые отходы ТЭЦ, шламы различных производств, в которых присутствуют кремнеземистые компоненты и др. Одновременно решаются задачи по удешевлению изделий за счет исключения исполь-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

© Р. Л. Серых, 1993

зования энергоносителей и применения химических модификаторов твердения и структурообразования. Много внимания уделяется созданию готовых сухих композиций для изготовления ячеистых бетонов, которые включают в себя тонкомолотые компоненты и активизаторы структурообразования.

В рамках программы "Стройпрогресс" созданы мобильные установки для приготовления сухих смесей на основе золы сухого отбора ТЭЦ (НПО Вибротехника — головной исполнитель). Технология выполнена на базе отечественного вибрационно-помольного оборудования в пылеуплотненном исполнении, что позволит существенно улучшить экологические условия при ее эксплуатации.

Как правило, НИР переходят в ОКР и создание опытно-промышленных образцов технологических линий, которые после соответствующей апробации и принятии их контрольной комиссией могут получить широкое распространение как среди крупных инвесторов, так и мелких производителей. В 1993 г. технологическая линия по изготовлению неавтоклавного ячеистого бетона должна быть смонтирована и пущена на предприятии "Асбестермостекло" в г. Железнодорожном Московской области. Кроме этого, разработана конструкторско-проектная документация технологии по выпуску сухих смесей многокомпонентных вяжущих производительностью 10 тыс. т/год, пригодных как для ячеистых бетонов, так и для проведения ремонтных работ.

В связи с ориентацией размещения производства строительных материалов и изделий на технологических линиях и установках небольшой производительности становятся актуальными вопросы снабжения этих предприятий местными сырьевыми материалами. В этом плане весьма важным является знание баланса месторождений полезных ископаемых сырья для конкретных регионов России. В 1992 г. в рамках программы создан кадастр сырьевых ресурсов для жилищного строительства по 25 областям Российской Федерации. Он включает все области Северного, Северо-Западного и Центрального экономических районов, а также Новосибирскую, Кемеровскую и Иркутскую области, Краснодарский край и Чувашию. Кадастром учтено более 2,5 тыс. естественных месторождений следующих видов сырья для производства строительных материалов: строительный камень, песчано-гравийная смесь, строительные пески и пески для силикатных изделий, сырье для производства извести, гипса, керамзита и кирпично-черепичных изделий.

Активное участие в реализации проекта "Ячеистые бетоны" в ГНТПР "Стройпрогресс" принимает институт ЛенЗНИИЭП, которым разработан альбом "Дома из ячеистых бетонов" и подготовлен ряд технико-нормативных документов по этой проблеме.

Институтом ЦНИИСК подготовлены рекомендации по применению ячеистых бетонов в зданиях, расположенных в зонах с сейсмической активностью.

В целом сотрудничество ряда научно-исследовательских и проектных организаций в деле развития новых технологических решений по ячеистым бетонам позволило наметить пути дальнейшего совершенствования таких технологий и снижения энергозатрат на их реализацию.

УДК 666.973.6

Г. П. САХАРОВ, д-р техн. наук, проф, (МГСУ);
В. П. СТРЕЛЬБИЦКИЙ, инж. (УС г. Зеленограда)

Высококачественные стеновые блоки из неавтоклавного газобетона для индивидуального строительства

Большой потребительский спрос на стеновые материалы для индивидуального жилищного строительства обусловлен объективными причинами: массовым обустройством сел и деревень, коттеджным строительством в пригородах и миграционными процессами переселения и обустройством десятков и сотен тысяч семей военнослужащих и гражданских лиц из бывших республик СССР и стран ближнего зарубежья в РФ. Такой спрос не может быть удовлетворен существующими мощностями по производству кирпича и блоков разных размеров и видов, тем более за счет повышения их цен и низкого качества, характерного для многих мелких предприятий непрофессионалов-производителей, не имеющих во многих случаях лицензий и сертификатов на выпускаемую продукцию и наносящих материальный и моральный ущерб застройщикам.

Самым эффективным материалом для стен жилых домов, после древесины, является ячеистый бетон, особенно на песке, как экологически более чистый [1]. По технико-экономическим показателям в деле он превосходит все известные материалы [2]. Этими обстоятельствами объясняются принятые в 1987...1988 г.г. постановления СМ и Госстроя СССР о резком увеличении объема выпуска изделий из ячеистого бетона в 1990...1995 г.г. Намечалось довести его в 1990 г. до 12...13 млн. м^3 (вместо 5,5 млн. м^3 в 1986 г.) и до 45 млн. м^3 — в 1995 г. К концу 1990 г. намечалось построить 50 цехов по производству стеновых блоков из ячеистого бетона общей мощностью 4 млн. м^3 в год на базе технологического комплекса "УНИВЕРСАЛ-60", разработанного институтом НИПИсиликатобетон. Произошедшие вслед за этим события в СССР изменили эти планы. Однако актуальность их сохранилась. Вместе с тем следует иметь в виду, что радиционная автоклавная технология ячеистого бетона при всех ее достоинствах капитало-, энерго- и металлоемка, имеет повышенные сроки освоения и окупаемости и при нынешних кредитно-денежных отношениях для мно-

© Г. П. Сахаров, В. П. Стрельбицкий, 1993

Белгородская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

гих государственных и коммерческих организаций недоступна. Оставшиеся в РФ 46 заводов автоклавного ячеистого бетона общей мощностью 2,54 млн. м³, в том числе 1,35 млн. м³ мелких стеновых блоков, не могут удовлетворить растущую потребность в блоках, особенно за пределами районов расположения этих заводов, учитывая высокую стоимость транспортных услуг.

При массовом заселении регионов РФ целесообразно иметь в них малые и средние предприятия по производству стеновых блоков из ячеистого бетона, ориентированные на использование местных сырьевых материалов и минимальные перевозки готовой продукции.

Это становится реальным при использовании неавтоклавной технологии газо-пенобетона, разработанной первым автором этих строк в 60-е годы и усовершенствованной в последующие годы [3, 4]. Она обеспечивает получение ячеистого бетона с нормативными и улучшенными качественными показателями, соответствующими ГОСТ 25485–89 (Технические условия) и 21520–89 (Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие) при естественном твердении или тепловой обработке (тэнами, паром, горячими газами) при атмосферном давлении и одновременное повышение производительности, сокращение на 20...30 % энергозатрат и в 1,5...2 раза начальных капвложений, сроков строительства и окупаемости. С течением времени в атмосферных условиях свойства неавтоклавного ячеистого бетона, несмотря на полную метаморфизацию первичных продуктов твердения, улучшаются: повышаются прочность и модуль упругости, снижаются усадка и ползучесть, воздухопроницаемость и теплопроводность, что предопределяет возможность применения его в армированных конструкциях стен, покрытий и перекрытий. Производственный опыт и 15...17-летний срок эксплуатации жилых домов из таких конструкций в условиях Средней Азии подтверждают эти обстоятельства и позволяют рекомендовать неавтоклавный газобетон по разработанной технологии к широкому производственному освоению и применению в строительстве в разных регионах РФ.

В соответствии с постановлением правительства г. Москвы от 24.09.91 № 110 "О развитии малоэтажного и коттеджного строительства в Москве и пригородной зоне" и решением о создании производственной базы малоэтажного строительства в одном из районов Подмосковья, Инновационное объединение ("ИНКО") при МГСУ (бывш. МИСИ) разработало проектно-технологическую документацию по производству стеновых блоков размерами 0,6(0,4)×0,25×0,2 м из неавтоклавного газобетона средней плотности 600...700 кг/м³ и прочностью 2,5...3,5 МПа (в проектном возрасте) по вибрационной резательной конвейерной безотходной технологии, максимально механизированной и автоматизированной. Мощность одной конвейерной линии (их в проекте предусмотрено две) – 17,5 тыс. м³ в год, что обеспечивает ежедневный выпуск блоков на одной линии 1...2 коттеджа. Обе конвейерные линии со всеми подсобными помещениями (складами сырьевых материалов и готовой продукции, подготовительными и смесеприготовительными отделениями и др.) размещаются на площади 108×24 м (в трех облегченных строительных модулях типа "Орск" или "Кисловодск").

Технология обеспечивает стабильные и улучшенные качественные показатели газобетонных блоков (технологическая влажность 15 %, морозостойкость 35, 50, влажностная усадка после тепловой обработки до равновесной влажности – 0,4...0,5 мм/м; теплопроводность – 0,21...0,22 Вт/(м°С); строгое соблюдение размеров, высокое качество поверхностей резания. Разрезка массивов газобетона размером 2,4×1,2×0,5 м осуществляется на высокоточной резательной машине новой конструкции до тепловой обработки. После разрезки и снятия бортоснастки блоки на поддоне перемещаются в щелевую камеру, обогреваемую ТЭНами. После тепловой обработки, распалубки и остывания блоки подвергают шлифовке и калибровке, придающими им окончательный товарный вид, соответствующий мировому уровню качества этого вида продукции. При необходимости блоки могут быть разрезаны дисковыми пилами на перегородочные и облицовочные плиты. Для предохранения блоков и плит от повреждений и увлажнения при транспортировке, погрузо-разгрузочных работах и складировании уложенные на поддоны блоки и плиты обертывают термоусадочной полиэтиленовой пленкой. Все операции по шлифовке, калибровке, распиловке и упаковке блоков и плит пленкой механизированы и автоматизированы. При рядовом качестве блоков шлифовка и калибровка из после струнной разрезки массивов не производится.

Лицевые поверхности блоков и плит могут быть окрашены в любые цвета и покрыты кремнийорганическими составами, придающими поверхностям гидрофобные свойства. Это позволяет вести кладку и облицовку стен без их последующей отделки и выявить декоративные свойства текстуры ячеистого бетона. Хорошими декоративными свойствами и высоким товарным качеством обладают газобетонные шлифованные и калиброванные блоки и плиты, изготовленные на белом и цветном цементах.

Разработанная на профессиональном научно-техническом уровне технология и проектная документация, имеющая общее значение, гарантируют производителям высокое и стабильное качество газобетонных блоков, экологическую чистоту производства и продукции, высокую рентабельность и малый срок окупаемости начальных затрат (за 1,5...2 года), лицензирование производства и сертификацию продукции, а застройщикам – высокое качество, архитектурное разнообразие и выразительность возводимых из этих блоков домов. В РФ имеется 13 заводов автоклавного ячеистого бетона, использующих в качестве основного вида вяжущего портландцемент и шлакопортландцемент в количестве 252...456 кг/м³ газобетона. Они выпускают на нем 211 тыс. м³ ячеистобетонных изделий, преимущественно стеновых панелей, и частично мелких стеновых блоков, перегородочных и теплоизоляционных плит. Эффективность применения цементного вяжущего при автоклавной обработке невелика. При исчерпании ресурса автоклавов на этих заводах появляется возможность использования их сначала в качестве пропарочных камер, а в дальнейшем (при реконструкции заводов) перейти на безавтоклавное производство выпускаемой продукции по технологии, разработанной МГСУ, учитывая несравненно меньшие капвложения, сроки реконструкции и окупаемости при ее внедрении по сравнению с автоклавной технологией.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брунарски Л., Кравчик М. Естественная радиоактивность строительных материалов // Бетон и железобетон.– 1990.– № 7.– С. 44–46.

2. Макаричев В. В., Рогатин Ю. А., Эвинг П. В. Экономическая эффективность автоклавного ячеистого бетона // Бетон и железобетон.– 1988.– № 7.– С. 3–4.

3. А. с. 365339 СССР МПК С 04 15/02 В 28 1/08. Способ изготовления строительных изделий / Г. П. Сахаров, Г. И. Горчаков, В. А. Смиронов.– Бюл. № 6.– 1973.

4. А. с. 355013 СССР, М. Кл. В 28 1/50. Способ изготовления ячеистобетонных изделий / Г. П. Сахаров, Г. И. Горчаков, А. А. Абдуганиев.– Бюл. № 31.– 1975.

5. Сазаров Г. П., Виноградов Б. Н., Кропивницкий С. В. Опыт эксплуатации ограждающих конструкций жилдомов из неавтоклавного газобетона в условиях Средней Азии // Архитектура и строительство Узбекистана.– 1987.– № 1.– С. 14–15.

УДК 666.973.6

Т. А. УХОВА, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Ресурсосберегающие технологии производства изделий из неавтоклавных ячеистых бетонов

Ячеистые бетоны принадлежат к числу прогрессивных современных строительных материалов для полносборного и монолитного возведения стен жилых и общественных зданий. Масса наружных стен из ячеистого бетона в 1,5–3 раза, а энергоемкость — в 2–3 раза меньше легкобетонных и кирпичных стен.

Ячеистые бетоны характеризуются высокими теплозащитными свойствами, прочностью, а также морозостойкостью и являются одним из наиболее эффективных строительных материалов, применяемых при строительстве жилья.

В условиях рыночной экономики и увеличения доли строительства индивидуальных и частных домов до 80 % (по сравнению с государственным жилым фондом) актуальность развития производства мелкоштучных изделий и конструкций из ячеистых бетонов приобретает еще большее значение. При этом резко возрастает необходимость расширения производства мелких стеновых блоков и создания отрасли производства жилых домов со стенами из монолитного ячеистого бетона.

Основными условиями решения поставленных задач являются:

расширение сырьевой базы для производства ячеистых бетонов, и, в первую очередь, за счет широкого использования вторичных продуктов промышленности и энергетики (шлаков, зол, гипсосодержащих продуктов, флотохвостов от обогащения различных руд, жидких и твердых отходов химической промышленности);

разработка простых энергосберегающих технологий по производству мелких стеновых блоков и конструкций из неавтоклавных ячеистых бетонов, показатели физико-механических свойств которых приближаются к аналогичным показателям свойств автоклавных ячеистых бетонов;

разработка простого надежного малоэнергоемкого и малометаллоемкого оборудования для заводов малой мощности.

В НИИЖБе на протяжении многих лет проводятся работы по изучению возможности и целесообразности применения вторичных продуктов различных производств для изготовления ячеистых бетонов.

Одними из наиболее дешевых химически активных крупнотоннажных продуктов являются золошлаковые отходы ТЭС. В настоящее время с использованием зол и золошлаковых смесей производится не более 15 % изделий из общего объема выпуска ячеистого бетона. В зависимости от химического и минералогического состава золы и золошлаковые смеси используются либо в качестве вяжущего, заменяющие частично или полностью цемент, либо в качестве кремнеземистого компонента — взамен кварцевого песка.

Применение кислых зол от сжигания каменного и бурого углей в качестве кремнеземистого компонента при производстве изделий из неавтоклавного ячеистого бетона имеет ряд преимуществ:

снижает энергоемкость за счет сокращения затрат на помол;

обеспечивает возможность, при прочих равных условиях, получить ячеистый бетон с меньшим на 15–20 % коэффициентом теплопроводности;

обеспечивает возможность изготовления на их основе изделий из неавтоклавных бетонов и смесей для монолитного строительства, поскольку золы обладают большей, по сравнению с песком, гидравлической активностью при твердении в нормальных условиях.

Несмотря на преимущества применения зол при изготовлении ограждающих конструкций и изделий из ячеистого бетона, объем их выпуска, как уже отмечалось, не превышает 30 % общего выпуска изделий из ячеистого бетона. Главным фактором, препятствующим широкому применению зол и золошлаковых смесей, является неоднородность их состава и свойств.

Другими многотоннажными отходами, которые могут быть применены при изготовлении ячеистых бетонов, как показали исследования, выполненные в НИИЖБе, являются твердые и жидкие отходы обогащения различных руд.

В качестве примера можно привести отходы обогащения флюоритовых руд. Отходы от обогащения представляют собой тонкоизмельченные (2500–

© Т. А. Ухова, 1993

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Таблица 1

№№ п/п	Способ подготовки сырьевых компонентов	Содержание сухих компонентов сырьевой смеси, в % по массе					Комплексная хим. добавка	Пластическая прочность сырца, гс/см^2 через		Физико-механические свойства газобетона		
		цемент	песок немолотый	песок молотый	тонкомолотая сухая смесь	тонкомолотая сухая смесь с комплексной добавкой		1 ч	2 ч	плотность в сухом состоянии кг/м^3	прочность*, МПа	морозостойкость, циклы
1.	Применение немолотого песка	60	50	–	–	–	1–1,75	32	210	940	3,2	252.
	Отдельный помол кварцевого песка	50	–	50	–	–	1–2,25	25	180	820	3,5	35
3.	Совместный помол цемента и кварцевого песка	–	20–25	–	75–80	–	1–2,25	85	220	715	5,2	35
4.	Совместный помол цемента, кварцевого песка и комплексной добавки	–	20–25	–	–	75–80	–	135	330	736	6,4	свыше 50

* – Средняя прочность кубов с ребром 10 см

300 см^2/г) шламы, содержащие до 65 % SiO_2. При этом в процессе обогащения тонкоизмельченные руды были подвергнуты выщелачиванию в условиях автоклава, что привело к активизации поверхности кварцевых частиц.

Применение твердых продуктов обогащения флюоритовых руд имеет ряд преимуществ перед кварцевым песком:

гидравлическая активность, следствием чего является возможность сокращения расхода цемента;

сокращение или исключение затрат на помол;

утилизация отходов, освобождение занятых этими отходами площадей, или хотя бы прекращение отвода земель для этих целей;

комплексное использование жидких и твердых продуктов обогащения руд в сочетании со шлаками, что обеспечивает возможность изготовления бесцементных ячеистых бетонов.

На основании исследований, проведенных в НИИЖБе, можно также указать на целесообразность применения при изготовлении ячеистых бетонов в качестве добавок различного назначения отходов производства удобрений (фосфогипс), отходов гальванического производства, отходов алюминиевого производства.

Отходы производств, выпускающих моющие средства, отходы парфюмерных и текстильных фабрик могут быть использованы в качестве пенообразующих или воздухововлекающих добавок.

Одной из основных причин, сдерживающих применение отходов промышленных и химических производств, является их высокая неоднородность.

Эффективным способом обогащения этих отходов и создание на их основе готовых продуктов является разработка на базе этих отходов с использованием традиционных вяжущих (цемента) или без него рецептур и способов приготовления многокомпонентных тонкомолотых сухих смесей (ТМС), предназначенных для изготовления изделий из автоклавных, неавтоклавных и ячеистых бетонов для строительства монолитных жилых домов.

В результате проведенных исследований разработаны составы многокомпонентных смесей, получаемые путем совместного помола вяжущего (портландцемента, шлака или шлака и портландцемента и др. компонентов), кремнеземистых компонентов, в качестве которых могут быть применены кварцевые пески, золы-уноса, хвосты обогащения различных руд. При исследовании режимов помола вяжущих как с комплексными химическими добавками, в том числе с водопонижающими и порообразующими, так и без них, было установлено, что регулируя режим помола, можно получить на одних и тех же сырьевых материалах сухие смеси, резко различающиеся между собой как по активности, так и по срокам схватывания и по порообразующей способности.

В результате проведенных исследований было установлено, что на основе многокомпонентных сухих смесей, приготовленных с комплексными химическими добавками, можно получить ячеистые бетоны, характеризующиеся достаточно высокими показателями физико-механических свойств (табл. 1).

Благодаря применению ТМС и комплексных химических добавок можно в широком диапазоне регулировать сроки нарастания пластической прочности ячеистых бетонов (рис. 1).

Исследования показали, что применение многокомпонентных сухих смесей позволяет:

повысить физико-механические свойства ячеистых бетонов за счет механо-химической активизации компонентов сырьевых смесей;

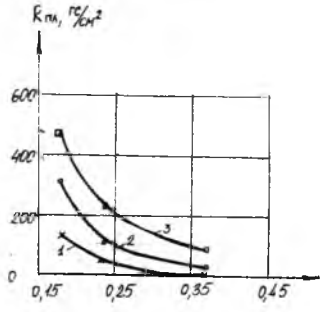


Рис. 1. Зависимость пластической прочности газобетонного сырца от В/Т

1 – через 1 ч; *2* – через 2 ч; *3* – через 3 ч

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

расширить сырьевую базу для производства ячеистых бетонов за счет применения таких компонентов, использование которых без предварительного помола и обогащения невозможно;

создать широкую возможность организации простых экономичных минизаводов по выпуску качественных изделий из ячеистых бетонов и строительства жилых домов со стенами из монолитного ячеистого бетона.

В результате проведения этих работ была установлена также высокая эффективность и целесообразность изготовления специального вяжущего, содержащего комплексную, в том числе водопонижающую и добавку-ускоритель твердения, применение которых обеспечивает возможность изготовления качественных ячеистых бетонов с регулируемыми сроками набора пластической прочности.

На основе тонкомолотых сухих смесей, в том числе содержащих порообразующие добавки, были получены ячеистые бетоны неавтоклавного твердения, по основным физико-механическим свойствам приближающиеся к свойствам автоклавного ячеистого бетона.

Другим вариантом энергосберегающих технологий является производство неавтоклавных ячеистых бетонов с использованием низкомодульных (по крупности) кварцевых песков и комплексных химических добавок.

Ячеистые бетоны, изготавливаемые по этой технологии, имеют более низкие показатели прочности, но в то же время обладают меньшей усадкой и ползучестью, чем традиционные неавтоклавные ячеистые бетоны на тонкомолотом песке.

Наряду с новыми технологическими приемами изготовления изделий из неавтоклавных ячеистых бетонов разработано энергосберегающее оборудование как для изготовления тонкомолотых смесей, в том числе с порообразующими добавками, так и для производства мелких стеновых блоков.

НПО "Вибротехника" разработало комплект оборудования производительностью до 5 тыс. м³ в год, позволяющий выпускать как тонкомолотые сухие смеси на основе цемента и песка (золы), так и тонкомолотые сухие смеси с комплексными, в том числе порообразующими, добавками.

МНИПТИ "Стройиндустрия" разработало оборудование для линий по производству мелких стеновых блоков из неавтоклавного ячеистого бетона производительностью до 10 тыс. м³ в год. В состав оборудования входят расходные бункера, дозаторы, бетоносмеситель, формы и резательный комплекс. Общая масса оборудования — 45 т, установленная мощность — 15 кВт. Оборудование предназначено для выпуска мелких стеновых блоков размером 188×188×400 мм из неавтоклавных ячеистых бетонов плотностью 700—900 кг/м³, изготовляемых как на основе тонкомолотого вяжущего, так и на основе цемента в сочетании с немолотым кремнеземистым компонентом.

УДК 666.973.6

А. М. КРОХИН, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Физико-технические свойства и технология ячеистобетонных изделий на основе ВНВ и ТМВ

Широкое развитие строительства в нашей стране, в том числе в отдаленных районах, зачастую сдерживается отсутствием стенового материала. В значительной мере нехватка его может быть уменьшена путем развития технологии ячеистого бетона. Вместе с тем необходимость организации помольного и автоклавного хозяйства сужала возможности создания достаточно простой и компактной установки по производству ячеистобетонных изделий.

В НИИЖБе разработана технология неавтоклавных ячеистобетонных изделий на основе цемента и немолотого песка средней плотностью 800...900 кг/м³ и классом по прочности при сжатии В2...В3,5.

В последние годы проведены исследования и промышленная апробация технологии на основе ВНВ (вяжущего низкой водопотребности) и ТМВ (тонкомолотого многокомпонентного вяжущего). При разработке технологии изучены процессы перемешивания и вибровспучивания ячеистобетонных смесей с использованием немолотого песка, а также процессы схватывания и нарастания пластической прочности сырца. Установлены рациональные режимы тепловой обработки изделий.

Было выявлено, что устранение просадки вспучившейся массы можно обеспечить путем применения смесей с повышенной вязкостью при использовании структурирующих добавок и пониженного В/Т отношения. Кроме того, вспучивание смесей необходимо осуществлять при повышенном расходе газообразователя и применении специальных режимов вибрации. В состав смеси рекомендуется вводить добавки, создающие условия для согласования процессов вспучивания и схватывания ячеистобетонной смеси.

Отличительной особенностью технологии ячеистобетонных изделий на основе немолотого песка является повышенная скорость нарастания пластической прочности сырца. Спустя 30...50 мин после заливки сырец может иметь пластическую прочность 0,3...1 кг/см², что достаточно для распалубки форм, разрезки массивов и их подачи на тепловую обработку.

Важнейшие физико-механические показатели неавтоклавного ячеистого бетона на основе портландцамента (М400) и немолотого песка представлены в табл. 1.

Анализируя данные табл. 1, следует отметить, что при расходе цемента 300...350 кг/м³ получен неавтоклавный ячеистый бетон средней плотностью 800...850 кг/м³ и прочностью при сжатии 2,5...3,5 МПа. При этом усадочные деформации материала составляют 1...1,8 мм/м, что значительно ниже, чем для неавтоклавного ячеистого бетона на основе молотого песка. Усадка последнего достигает значений 3 мм/м.

© А. М. Крохин, 1993

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Таблица 1

№№ пп	Расход цемента, кг/м^3	В/Т	Средняя плотность, кг/м^3	Прочность при сжатии, МПА		Усадка при высушивании, мм/м
				1 сут	23 сут	
1	270	0,22	910	2,1	2,5	0,89
2	300	0,25	870	2,3	2,6	0,94
3	300	0,3	790	2,5	2,8	1,6
4	330	0,27	800	2,6	3	1,2
5	330	0,32	820	2,8	3,5	1,8
6	390	0,29	830	2,7	3,2	1,6

Примечания: В составах 3 и 5 30 % песка заменено золой-уноса; пропарка проведена по режиму 2 + 10 +3 при 90 °С.

Таблица 2

Марка вяжущего	Расход цемента, кг/м^3	Средняя плотность, кг/м^3	Прочность при сжатии, МПа		Усадка при высушивании, мм/м
			1 сут	28 сут	
ВНВ-100	290	775	3,3	3,8	1,8
ВНВ-100	290	670	2,5	3,1	1,7
ВНВ-50	160	710	1,9	2,5	1,6
ВНВ-50	160	660	2,1	2,6	1,9
ВНВШ-80	200	780	2,3	3,3	2,4
ТМВШ-80	200	825	3,1	4,2	2,3
ТМВ-50	160	600	2,0	2,9	2,5
ТМВ-50	160	750	2,2	3,2	2,2

Примечание: ВНВШ и ТМВШ – вяжущие с добавкой шлака

Таблица 3

Марка	Вид вяжущего	Средняя плотность, кг/м^3	Прочность при сжатии МПа	Начальный модуль упругости, $E \cdot 10^{-3}$, МПа	Прочность при растяжении, МПа	Усадка при высушивании, мм/м
П 1	ВНВ-80	820	4,07	4,4	0,52	1,4
П 2	ВНВ-80	834	4,49	4,1	0,49	1,3
Б 5	ТМВШ-80	860	4,6	3,2	–	1,6
Б 6	ВНВШ-80	850	4,3	3,5	–	1,7

Применение в технологии неавтоклавного ячеистого бетона в качестве вяжущего ВНВ и ТМВ создает предпосылки для экономии цемента (табл. 2).

Сравнительный анализ результатов исследований (табл. 1 и 2) позволяет заключить, что физико-механические показатели ячеистого бетона на ВНВ и ТМВ практически не уступают свойствам материала на основе портландцемента. В то же время усадочные деформации несколько выше, что связано, по-видимому, с высокой дисперсностью ВНВ и ТМВ.

Исследования показателей трещиностойкости ячеистого бетона на основе ВНВ-100 с различными заполнителями (золой-уноса, немолотым и молотым песком) выявили ряд преимуществ материала с немолотым песком.

В частности, усадочные деформации ячеистого бетона на основе немолотого песка значительно ниже, чем у других композиций. В то же время применение немолотого песка приводит к некоторому снижению прочностных показателей ячеистого бетона. Поэтому наиболее оптимальна композиция, включающая немолотый песок и тонкодисперсный компонент, например золу-унос. В этом случае прочностные показатели возрастают на 15...20 % при сохранении достаточно низкой усадки (1,4...1,6 мм/м) и высокого коэффициента трещиностойкости (0,75...0,85).

Неавтоклавный ячеистый бетон на основе немолотого песка обладает высокой морозостойкостью. Образцы, изготовленные с использованием портландцемента, а также на основе ВНВ и ТМВ, выдерживали 35...50 циклов попеременного замораживания и оттаивания практически без снижения прочностных показателей.

В опытном цехе ВНИИСтрома проведена широкая промышленная апробация технологии неавтоклавного ячеистого бетона на основе ВНВ и ТМВ с использованием немолотого песка. Выпущены партии мелких блоков средней плотностью 650...800 кг/м^3, а также партия плит покрытий размером 0,3 × 1,2 × 4,5 м средней плотностью 800...850 кг/м^3. Физико-механические свойства материала представлены в табл. 3.

Проведенные исследования легли в основу организации промышленного производства неавтоклавных ячеистобетонных мелких блоков с использованием грубодисперсных кремнеземистых компонентов.

В Курске совместно с работниками ПМК-6 был освоен выпуск неавтоклавных пенозолобетонных мелких блоков средней плотностью 850...900 кг/м^3 и прочностью при сжатии 3...3,5 МПа. Причем в качестве заполнителя применена зола гидроудаления Курской ТЭС, содержащая в своем составе грубодисперсные фракции. Из этих блоков возведено более 100 домов усадебного типа. Производство расширяется, подготовлен проект цеха мощностью 10 тыс. м^3/год.

На базе проведенных исследований НИИЖБом совместно с КТБ НИИЖБ разработаны проекты малых цехов по производству неавтоклавных мелких блоков мощностью 3...5 и 10...20 тыс. м^3/год.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 666.973.6

М. Н. ГИНДИН, канд. техн. наук (МНИПТИ "Стройиндустрия")

Выбор рациональной схемы производства стеновых блоков из ячеистого бетона

В условиях рыночной экономики вопросы снижения стоимости оборудования и эксплуатационных затрат приобретают особо важное значение. При производстве стеновых блоков из ячеистого бетона переделы по подготовке сырья и термовлажностной обработке зависят от выбранных требований к качеству продукции, от сырьевых материалов и практически не зависят от объема производства. Поэтому основное внимание при анализе схемы производства изделий уделим отделениям формования блоков.

В качестве базового возьмем оборудование линий с формованием и разрезкой ячеистого бетона на поддонах, выпуск которых освоен промышленностью. Исходная мощность линий 40 и 100 тыс. м^3 в год. Рассмотрим участки линий формовки и разрезки изделий без механизации возврата и сборки форм (рис. 1).

Работа линий осуществляется следующим образом. Масса из смесителя заливается в форму (объемом 2 м^3 на линиях мощностью 40 и 60 тыс. м^3 в год и 4 м^3 на линии мощностью 100 тыс. м^3/год), установленную на виброплощадке. После вспучивания массы формы поступают на конвейер выдержки, где массив набирает необходимую для распалубки и разрезки пластическую прочность. После ее набора (150...200 г/см^2) форма поступает на установку для распалубки, где открываются борта и подъемный рольганг поднимает поддон с массивом, перемещая его на конвейер разрезки, где массив калибруется и подрезается. Затем на машине продольно-поперечной разрезки производится резка массива на блоки требуемых размеров (высота блоков 600 мм). После разрезки снимается горбушка массива, и поддон с массивом краном переносится на автоклавную тележку (вагонетку), которая передаточным мостом загружается в автоклав.

Все оборудование линий можно условно разделить на три группы: *1* — комплект форм и поддонов; *2* — конвейер формования и разрезки; *3* — оборудование для загрузки изделий в автоклавы или туннельные пропарочные камеры.

В табл. 1 приведены данные удельных расходов металла в кг/м^3 мощности по группам оборудования.

Из приведенных данных видно, что удельный расход металла на оборудование для термообработки практически не зависит от мощности, в то же время удельные затраты на саму конвейерную линию существенно возрастают при снижении мощности оборудования, что говорит о целесообразности отказа от конвейерной схемы при создании линий малой мощности и переходу к агрегатно-поточной схеме производства. С этой целью для завода малой мощности был разработан комплект оборудования, состоящий из комплекта форм и поддонов, резательной машины и грузозахватных устройств. Особенностью комплекта является то, что формы состоят из поддона, на который ставится бортоснастка с натянутыми на ней в продольно-поперечном направлении струнами. При этом струны после сборки формы располагаются на поддоне и зажаты между бортами и поддоном. Схема производства по этой схеме показана на рис 2.

После заливки массива и набора им необходимой величины пластической прочности форма поднимается краном за поддон и устанавливается на стол резательной машины. На резательной машине под действием собственного веса форма опускается на упоры, удерживающие борта с рамой и струнами в горизонтальном положении.

Поддон с массивом продолжает опускаться, и неподвижные струны прорезают массив. Для управления процессом стол имеет тормоза, управляемые вручную, и гидравлический демпфер, регулирующий скорость подъема и опускания стола. Таким образом, в комплекте оборудования отсутствуют приводные механизмы, что существенно упрощает эксплуатацию оборудования. Расчеты показывают, что при изменении

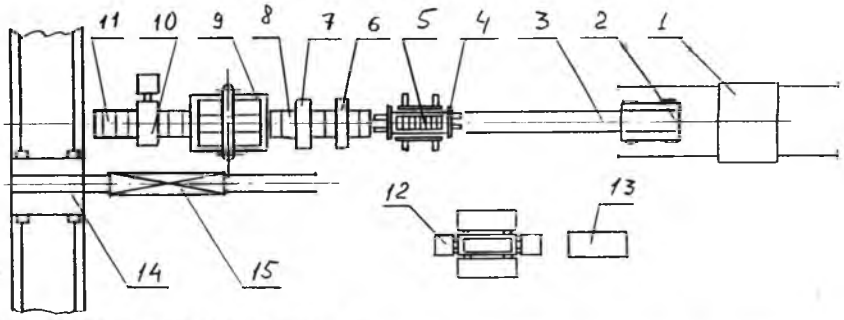


Рис. 1. Схема конвейерной линии

1 — бетономешалка; *2* — виброплощадка; *3* — конвейер выдержки; *4* — установка для распалубки; *5* — подъемный рольганг; *6* — установка для калибровки массива; *8* — конвейер разрезки; *9* — машина для продольно-поперечной резки; *10* — установка для снятия горбушки; *11* — конвейер-накопитель; *12* — бортоснастка; *13* — поддон; *14* — мост передаточный; *15* — тележка автоклавная

Таблица 1

Наименование линии Наименование оборудования	БГ 40 К при мощности, тыс. м^3		БГ 100 при мощности 100 тыс. м^3
	40	50	
Комплект форм и поддонов	1,8	1,48	1,45
Конвейер формования и разрезки	0,92	0,74	0,51
Оборудование термообработки	0,85	0,86	0,88
Общая:	3,57	3,08	2,84

Примечание: Данные линии БГ 40 К приведены для мощности 40 тыс. м^3 (проектная) и 50 тыс. м^3 (достигнутая).

© *М. Н. Гиндин, 1993*
Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

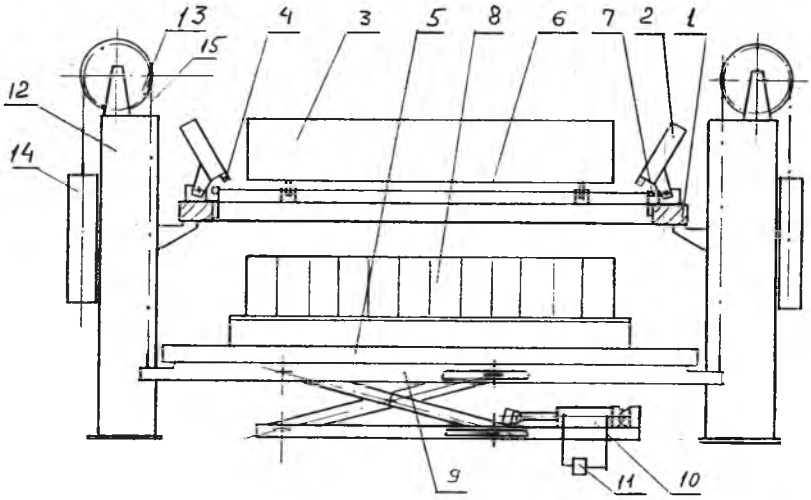


Рис. 2. Схема установки для производства блоков по резательной схеме
1 – рама; *2* – торцевые борта; *3* – продольные борта; *4* – уплотнение; *5* – поддон; *6* – струна; *7* – механизм закрепления и установки струн; *8* – массив на поддоне; *9* – подъемный стол; *10* – гидроцилиндр демпфирующий; *11* – дроссель; *12* – стойка; *13* – вал противовеса с тормозом; *14* – цепь

Таблица 2

Наименование оборудования	Производительность линии	
	10 тыс. м^3	20 тыс. м^3
Комплект форм и поддонов	3,2	2,1
Смеситель, установка для разрезки, грузозахватные приспособления	0,53	0,27
Общая масса:	3,73	2,37

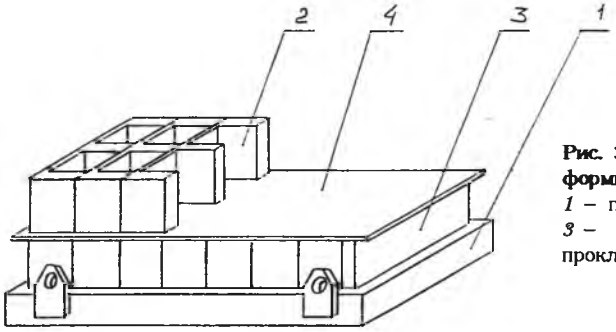


Рис. 3. Схема групповой формы
1 – поддон; *2* – вкладыш; *3* – боковая стенка; *4* – прокладка

количества форм и поддонов и одном и том же смесеприготовительном оборудовании мощность линии может составить от 10 до 20 тыс. м^3. При снижении мощности менее 10 тыс. м^3 удельные затраты на металл становятся слишком большими, и использование этой линии будет нецелесообразно. Линия работает в комплекте с пропарочными камерами ямного типа, что исключает массу оборудования для термообработки изделий. Удельная металлоемкость участка формования по этой схеме приведена в табл. 2.

Из приведенных данных следует, что несмотря на увеличение удельной массы формующей оснастки общая металлоемкость линии при максимальном использовании мощности даже ниже, чем у конвейерных линий.

Однако проектирование линий для производств мощностью 3–6 тыс. м^3 в год показало значительное увеличение удельной металлоемкости формовочного оборудования, что заставило отказаться от традиционных конструкций форм и перейти к принципу формования изделий на жестком поддоне в 4–5 слоев, разделенных нежесткими прокладками. Схема такой формы показана на рис. 3. При этом удельная металлоемкость форм составила 1,5 кг/м^3, а с учетом массы передвижной мешалки металлоемкость производства составила 2,1...1,8 кг/м^3.

Все три принципиальные схемы линии разработаны из условия исключения тяжелого ручного труда и с использованием для переноса форм, поддонов бортоснастки и изделий на поддонах цеховых грузоподъемных механизмов. Поскольку количество рабочих, необходимое для обслуживания оборудования в одну смену, одинаково и составляет 6 человек в смену, удельные трудозатраты составят: $T_у = \frac{12}{A}$, где A – мощность производства. Таким образом, трудоемкость возрастает со снижением объема производства.

При выборе рациональной схемы производства следует учитывать объем капвложений на создание завода, затраты при эксплуатации, баланс рабочей силы.

Высокая стоимость помольного оборудования и автоклавов делает малоэффективным производство изделий из ячеистых бетонов на заводах мощностью менее 40 тыс. м^3 в год. В то же время при желании возможно поэтапное строительство завода с вводом первой очереди, рассчитанной на производство неавтоклавного ячеистого бетона на немолотом песке с плотностью 1000 кг/м^3 с последующим строительством помольного отделения и снижения плотности до 800 кг/м^3, и наконец установку автоклавов и переход на выпуск ячеистобетонных изделий плотностью 500...600 кг/м^3.

Исходя из изложенного можно сделать вывод, что для заводов ячеистого бетона мощностью 40 тыс. м^3 в год и выше целесообразно использование конвейерных линий. При этом верхний предел мощности определяется условиями сбыта продукции и может составить 200...400 тыс. м^3 в год. На таких заводах целесообразно изготовлять изделия из автоклавного ячеистого бетона.

Для заводов мощностью 10–20 тыс. м^3 целесообразно использование стендовой технологии производства изделий из неавтоклавного ячеистого бетона. При этом желательно приме

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

нение резательной технологии с формованием массивов объемом 0,7...2,0 м³.

Заводы мощностью 3—6 тыс. м³ в год целесообразно создавать на базе использования технологии неавтоклавных ячеистых бетонов с формованием изделий в групповых формах на ограниченных площадях в действующих цехах. Использование готовых зданий и сооружений при создании производств малой мощности позволит значительно снизить сроки строительства и его стоимость, что играет важное значение в современных условиях формирования рыночных отношений.

УДК 666.973.6

Б. П. ФИЛИППОВ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Совершенствование расчета конструкций из ячеистых бетонов

В СНиП 2.03.01-84 нормативные и расчетные характеристики ячеистых бетонов представлены в обобщенном виде независимо от применяемого в бетонах вяжущего, кремнеземистого компонента и порообразователя, а также от вида тепловлажностной обработки бетона. В основном эти характеристики были получены на основании многолетних исследований автоклавного газобетона на смешанном вяжущем. В последние годы лабораторией ячеистых бетонов и конструкций НИИЖБа разработаны новые виды ячеистых бетонов как автоклавного, так и неавтоклавного твердения, в том числе и естественного твердения для применения их в монолитном строительстве. Изучение основных физико-технических свойств новых ячеистых бетонов выявило необходимость дифференцированно подходить к нормированию характеристик этих бетонов. Особенно заметна разница в свойствах неавтоклавных ячеистых бетонов и ячеистых бетонов естественного твердения, в зависимости от применения в них кремнеземистого компонента в виде песка или золы-унос ТЭС; от типа вяжущего — портландцемента или ТМС (тонкомолотая смесь цемента и песка или золы и добавок). Большое влияние на свойства бетонов оказывают и различные добавки, ускоряющие процессы вспучивания и твердения бетонов. На основании статистического анализа с обеспеченностью 0,95 было выявлено соотношение прочности новых видов ячеистых бетонов неавтоклавного твердения к их средней плотности в сухом состоянии, т. е. соотношение класса бетона по прочности на сжатие "В" и марки бетона по средней плотности "D" (см. рис. 1). Кроме того, представленные на рис. 1 ячеистые бетоны обладают различными диаграммами $\sigma - \varepsilon$, что весьма важно учитывать при расчете изгибаемых и сжатых бетонных и железобетонных элементов по I и II предельным состояниям по предлагаемой методике Макета новых норм России по проектированию бетонных и железобетонных конструкций, разработанной лабораторией теории железобетона НИИЖБ. Так, например, предельная сжимаемость газобетона на немолотом песке в призмах, испытанных при центральном сжатии, составила в среднем $\varepsilon_{во} = 1{,}8$ ‰, в то время как газо- и пенозолобетон имел предельную сжимаемость в среднем $\varepsilon_{во} = 2{,}5$ ‰. Для сравнения, у автоклавных ячеистых бетонов на смешанном вяжущем величине $\varepsilon_{во}$ находится в пределах от 1,8 до 2,2 ‰ в зависимости от их плотности. Относительный уровень максимальных напряжений, когда сохраняется соотношение $\sigma_в = \varepsilon \cdot E_в$ (упругая работа бетона), выше у неавтоклавного пенозолобетона $\beta_{в1} = 0{,}5$, чем у газобетона и газозолобетона автоклавного и неавтоклавного твердения $\beta_{в1} = 0{,}4$.

На рис. 2 представлены данные по модулю упругости новых видов неавтоклавного ячеистого бетона в сравнении с автоклавным газобетоном на смешанном вяжущем. Получена корреляционная эмпирическая зависимость охватывающая все виды новых ячеистых бетонов.

$$E_в = K \cdot \rho \sqrt{R_в}, \qquad (1)$$

где ρ — плотность бетона в сухом состоянии, кг/м³; $R_в$ — призменная прочность бетона в кг/см²; K — коэффициент пропорциональности, равный 6.

Аналогичная зависимость для ячеистых бетонов автоклавного твердения принята в СНиП 2.03.01-84. Однако при переходе от средней призменной прочности бетона к классу бетона по прочности на сжатие следует коэффициент пропорциональности "K" назначать в зависимости от коэффициента вариации прочности ячеистого бетона. Если принять коэффициент вариации равным 13,5 % (при переходе от марки бетона

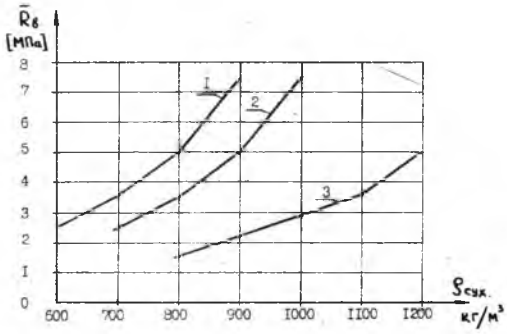


Рис. 1. Соотношение прочности на сжатие кубов с обеспеченностью 0,95 при приведенной влажности $W = 10$ % к средней их плотности в сухом состоянии, изготовленных из неавтоклавного ячеистого бетона различных составов:
1 — газобетон и газозолобетон на основе ТМС, *2* — газо- и пенозолобетоны, *3* — газо- и пенобетоны на немолотом песке.

© Б. П. Филиппов, 1993
Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

к классу бетона по прочности) и соотношение кубиковой прочности к призменной равным 1, модуль упругости следует вычислять по формуле

$$E_в = 2\sqrt{B} \cdot D, \qquad (2)$$

где D – марка бетона по средней плотности; B – класс бетона по прочности на сжатие.

Состав ячеистого бетона, а также вид его тепловлажностной обработки оказывают существенное влияние на усадку и ползучесть бетона, что должно учитываться при расчете изгибаемых железобетонных элементов по II предельному состоянию (прогиб, ширина раскрытия нормальных трещин). Как показали исследования, при изменении влажности газобетона неавтоклавного твердения с 25 % до 5 % его усадка составила в среднем не более 1 мм/м, а усадка газозолобетона и пенозолобетона неавтоклавного твердения составила от 1,5 до 2,0 мм/м, что превышает усадку автоклавных ячеистых бетонов в 3–4 раза. В то же время ползучесть некоторых видов неавтоклавных ячеистых бетонов, например, на немолотом песке или с применением ТМС, при напряжении 0,2...0,4 $R_в$ меньше ползучести автоклавных ячеистых бетонов на смешанном вяжущем.

В исследованиях было отмечено, что на величину характеристики ползучести φ_∞ оказывает влияние плотность бетона. На рис. 3 показано изменение величины характеристики ползучести неавтоклавного ячеистого бетона с применением ТМС в зависимости от плотности ячеистого бетона. Современные нормы проектирования конструкций это явление не учитывают. Определять коэффициент ν, характеризующий упругопластическое состояние сжатого ячеистого бетона в изгибаемых элементах при длительном нагружении, можно по формуле

$$\nu = \frac{0,5}{1,1 + \varphi_\infty}, \qquad (3)$$

где φ_∞ – характеристика ползучести ячеистого бетона при напряжениях 0,2...0,4 $R_в$.

Опытные значения коэффициента ν для неавтоклавных ячеистых бетонов были в пределах от 0,12 до 0,27, в независимости от температурно-влажностного состояния окружающей среды, в то время как по СНиП 2.03.01-84 для всех видов ячеистого бетона $\nu = 0,1$ – при сухом и $\nu = 0,2$ – при нормальном температурно-влажностном режимах эксплуатации ячеистобетонных изгибаемых конструкций.

На величину ползучести ячеистых бетонов будет оказывать большое влияние армирование сжатой зоны изгибаемых элементов. Как показали исследования [1], ползучесть ячеистого бетона уменьшается пропорционально коэффициента армирования сжатой зоны бетона. При этом коэффициент ν' для армированного сжатого бетона можно определить по формуле:

$$\nu' = \nu \left[1 + \frac{50\,\mu_s'}{\xi} \right], \qquad (4)$$

где μ_s' – коэффициент продольного армирования сжатой арматурой; ξ – относительная высота сжатой зоны бетона при расчете по II предельному состоянию (на прогиб).

Запроектированные опытные плиты перекрытий из неавтоклавного ячеистого бетона на основе ТМС при плотности бетона $\rho = 800$ кг/м³, при принятии вышеупомянутых характеристик неавтоклавного ячеистого бетона (класс бетона по прочности на сжатие, модуль упругости, характеристика ползучести), длиной 4,2 м и сечением 1,2 × 0,3 м, армированные симметричной продольной арматурой 4Ø8AIII, были испытаны при кратковременном и длительном нагружении. Испытания плит показали, что принятые нормативные и расчетные характеристики неавтоклавного ячеистого бетона соответствуют опытным данным, а методика СНиП 2.03.01-84 по расчету изгибаемых железобетонных элементов по прочности нормальных сечений и прогибов при кратковременном и длительном нагружении приемлема для неавтоклавных ячеистых бетонов [2].

Изучение основных физико-механических свойств газозолобетона естественного твердения выявило особенности расчета сжатых ограждающих стеновых элементов из монолитного ячеистого бетона плотностью 900...1000 кг/м³ в части введения дополнительно к имеющимся в СНиП 2.03.01-84 коэффициентов условий работы бетона – $\gamma_{вi}$.

Во-первых, требуется учитывать влияние анизотропии, поскольку прочность ячеистого бетона в направлении вспучивания ячеистобетонной смеси в 1,3 раза меньше прочности

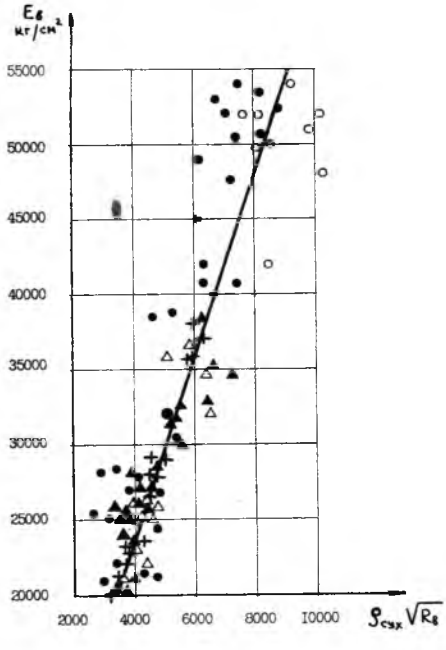


Рис. 2. Модуль упругости новых видов неавтоклавных ячеистых бетонов:
○ – газобетон на немолотом песке;
▲ – газобетон и газозолобетон на основе ТМС;
△ ● – газозолобетон, пенозолобетон;
+ – автоклавный ячеистый бетон на смешанном вяжущем (для сравнения)

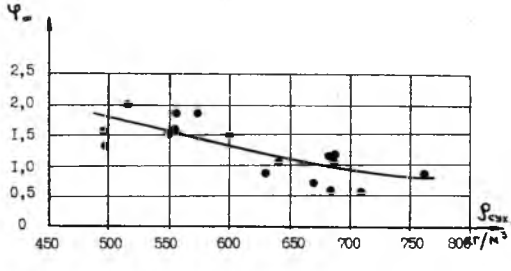


Рис. 3. Изменение характеристики ползучести неавтоклавного ячеистого бетона на основе ТМС в зависимости от плотности ячеистого бетона.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

этого же бетона в направлении, перпендикулярном вспучиванию смеси. А так как нормативные и расчетные характеристики ячеистого бетона определяются на основании данных испытаний образцов в направлении, перпендикулярном вспучиванию ячеистобетонной смеси, то введение нового коэффициента условий работы ячеистого бетона естественного твердения, учитывающего направление вспучивания ячеистобетонной смеси, обязательно. Предлагается этот коэффициент принимать равным 0,7.

Во-вторых, требуется учитывать и влияние возраста ячеистого бетона естественного твердения на его прочностные характеристики. Как показали исследования, прочность монолитного ячеистого бетона во времени апроксимируется известной зависимостью.

$$R_{в} = R_{в(28)} \frac{lg\,T}{lg\,28}, \qquad (5)$$

где $R_{в(28)}$ – прочность бетона на 28 сут; Т – количество суток после заливки ячеистобетонной смеси в опалубку.

Очевидно, что новый коэффициент условий работы ячеистого бетона, учитывающий возраст бетона, можно определять по формуле

$$\gamma_{в} = \frac{lg\,T}{lg\,28} \qquad (6)$$

Вышеупомянутые коэффициенты должны быть учтены и при назначении модулей деформации монолитного ячеистого бетона естественного твердения.

Выводы

При разработке новых Российских норм расчета бетонных и железобетонных конструкций по I и II предельным состояниям необходимо учитывать для ячеистых бетонов не только класс бетона по прочности на сжатие, но и марку ячеистого бетона по средней плотности, а также вид бетона как по исходным материалам, так и по виду тепловлажностной обработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. К. П. Муромский. Деформации ячеистого бетона в армированных призмах при длительном сжатии. // Сб. трудов НИИЖБ "Прочность и деформативность ячеистых бетонов и конструкций из них".– М., ВНИИЭСМ.– 1991.– С. 52.
2. Б. П. Филиппов, О. П. Винокуров, Д. Р. Уринов, А. Д. Перфильев. Прочность и деформативность опытных плит из ячеистого бетона неавтоклавного твердения, изготовленного на основе ТМС. // В сб. трудов НИИЖБ "Прочность и деформативность ячеистых бетонов и конструкций из них".– М., ВНИИЭСМ.– 1991.– С. 44.

УДК 666.973.6

Е. Л. ЕМЕЛЬЯНОВА, инж. (НИИЖБ)

Прочность и трещиностойкость изгибаемых слабоармированных ячеистобетонных элементов

В лаборатории теории железобетона НИИЖБ разработана новая методика расчета изгибаемых железобетонных конструкций с учетом условий совместности деформирования бетона и арматуры. Новый метод расчета нашел отражение в макете Российских норм*.

В 1987–1992 гг. в лаборатории ячеистых бетонов и конструкций НИИЖБ были выполнены экспериментально-теоретические исследования, посвященные изучению напряженно-деформированного состояния слабоармированных изгибаемых железобетонных элементов из ячеистого бетона с целью проверки основных положений макета Российских норм применительно к изгибаемым ячеистобетонным элементам**. Сравнительный анализ прочности и трещиностойкости испытанных железобетонных балок был проведен с использованием методики СНиП 2.03.01-84 и обобщенного метода макета Российских норм. Для выполнения экспериментальной части исследований было изготовлено и испытано 25 балок прямоугольного сечения размерами 25×50 см, длиной 330 см, расчетным пролетом 300 см. Балки были изготовлены из ячеистого бетона низких классов по прочности на сжатие В 2,5; В 3,5; В 5, плотностью $\rho = 600 - 900$ кг/м^3, наиболее распространенных в ограждающих конструкциях. При армировании в качестве рабочей продольной арматуры была использована сталь классов Вр-1, В-1 и А-III без выраженной площадки текучести при соответствующих диаметрах 4,5 и 6 мм. Продольную арматуру в сжатой зоне балок обрывали в четвертях пролета от опоры, что было необходимо для более точного выявления взаимодействия сжатого бетона и растянутой арматуры в зоне чистого изгиба.

Опытные балки испытывали на силовой установке двумя сосредоточенными нагрузками в четвертях пролета. В процессе испытания измеряли деформации арматуры в середине пролета, средние деформации бетона на двух боковых гранях в трех уровнях по высоте сечения балок, прогибы в середине пролета и осадку опор, а также деформации бетона по всей высоте сечения при помощи тензорезисторов с базой 50 мм. При испытании измеряли также ширину раскрытия нормальных силовых трещин, фиксировали развитие технологических трещин.

Расчет нормальных сечений на действие изгибающих моментов в СНиП 2.03.01-84 основан на уравнениях равновесия: моментов внешних и внутренних усилий и усилий в бетоне и в арматуре; при выполнении гипотезы плоских сечений, использовании прямоугольной формы эпюры напряжений в сжатой зоне бетона.

Анализ показал, что соотношение значений опытных разрушающих моментов и теоретических $\frac{M^{exp}_{max}}{M^{*}_{max}}$, с учетом фактиче-

* Макет новых норм РФ по проектированию бетонных и железобетонных конструкций

** Работа выполнена под руководством к-та техн. наук Б. П. Филиппова

© Е. Л. Емельянова, 1993

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ских значений прочности бетона и арматуры, было в пределах от 0,8 до 1,13 и в среднем составило 0,98, что показывает хорошую точность метода расчета СНиП 2.03.01-84 по прочности нормальных сечений для малоармированных изгибаемых элементов из ячеистого бетона.

Анализ моментов трещинообразования нормальных трещин в растянутой зоне изгибаемых малоармированных элементов показал, что вычисленные по методике СНиП 2.03.01-84 значения моментов трещинообразования

$$M^{*}_{crc} = R_{bt} W_{pl}, \qquad (1)$$

где R_{bt} — прочность бетона при растяжении; W_{pl} — момент сопротивления приведенного сечения с учетом неупругой работы растянутого бетона, определяемый по формуле (138) СНиП 2.03.01-84.

в среднем на 15 % выше опытных значений (M^{exp}_{crc}). Поэтому для повышения точности расчета момента трещинообразования в формулу (1) следует вводить коэффициент $\alpha = 0{,}85$, по аналогии с формулой (23) СНиП 2.03.01-84 по расчету изгибаемых бетонных элементов из ячеистого бетона:

$$M_{crc} = R_{bt} W_{pl} \alpha, \qquad (2)$$

Коэффициентом α можно учесть погрешность, возникающую за счет переоценки несущей способности бетона растянутой зоны, принимая эпюру напряжений в бетоне растянутой зоны в виде прямоугольника, как предусмотрено в методике СНиП 2.03.01-84.

Реализация расчетных положений макета Российских норм при оценке прочности и трещиностойкости слабоармированных балок из ячеистого бетона предполагала установление исходных обобщенных диаграмм бетона на растяжение и на сжатие и арматуры на растяжение. Были обобщены многочисленные данные опытов К. П. Муромского, Х. Рюша и Р. Зелля по испытанию бетонных и армированных призм соответственно на центральное и внецентренное сжатие и данные настоящих опытов.

Базовые точки кусочно-линейной диаграммы сжатия (растяжения) бетона, предусмотренной

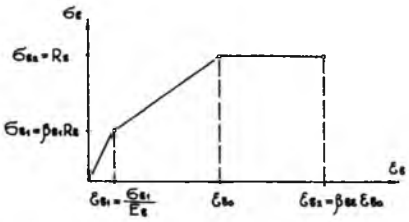


Рис. 1. Исходная диаграмма состояния бетона на сжатие

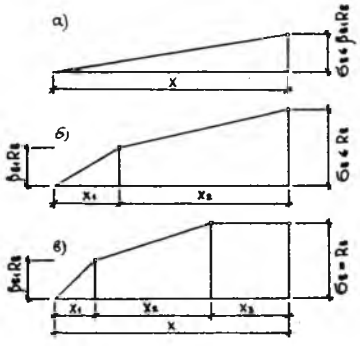


Рис. 2. Эпюры напряжений в бетоне сжатой зоны в зависимости от соотношения значений деформации бетона крайнего сжатого волокна балок (ε_b) и параметров базовых точек (ε_{b0}, ε_{b1}) исходной диаграммы состояния бетона на сжатие (*а* – $\varepsilon_b \leqslant \varepsilon_{b1}$; *б* – $\varepsilon_b \leqslant \varepsilon_{b0}$; *в* – $\varepsilon_b \leqslant \varepsilon_{b2}$)

в макете Российских норм (рис. 1), были определены следующими параметрами деформаций и напряжений:

основная базовая точка — деформациями $\varepsilon_{b0}(\varepsilon_{bt0})$, максимальными напряжениями $R_b(R_{bt})$ сжатия (растяжения) при одноосном напряженном состоянии: $\varepsilon_{b0} = 2{,}13$ ‰, $\varepsilon_{bt0} = 0{,}2$ ‰;

первая дополнительная базовая точка — деформациями $\varepsilon_{b1}(\varepsilon_{bt1})$ и напряжениями $\sigma_{b1}(\sigma_{bt1})$, ограничивающими область диаграммы напряжений, в которой условно принято, что бетон работает упруго:

$$\varepsilon_{b1} = \frac{\sigma_{b1}}{E_b}, \quad \varepsilon_{bt1} = \frac{\sigma_{bt1}}{E_b},$$

$$\beta_{b1} = \frac{\sigma_{b1}}{R_b} = 0{,}4,$$

$$\beta_{bt1} = \frac{\sigma_{bt1}}{R_b} = 0{,}4;$$

вторая дополнительная базовая точка, предельными деформациями крайнего сжатого (растянутого) волокна бетона $\varepsilon_{b2}(\varepsilon_{bt2})$ и максимальными напряжениями $R_b(R_{bt})$ при плоском напряженном состоянии:

$$\varepsilon_{b2} = 3{,}99 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{bt2} = 2 \text{ ‰}.$$

Коэффициент полноты эпюры напряжений ω_b сжатого бетона балок был определен в зависимости от соотношения деформаций бетона крайнего сжатого волокна при разрушении балок ε_b и параметра основной базовой точки ε_{b0} по следующим формулам

при $\dfrac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{b0}} < 1$ (Рис. 2 (*б*))

$$\omega_b = \frac{1}{2B(1-D)}[D^2 - D(2B + \beta_{b1}) + B(2\beta_{b1} + B - \beta_{b1}B)], \qquad (3)$$

при $\dfrac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{b0}} > 1$ (рис. 2 (*в*))

$$\omega_b = \frac{1}{2B}(2B + \beta_{b1} - D - 1), \qquad (4)$$

где $B = \dfrac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{b0}}$, $D = \dfrac{\beta_{b1} R_b}{E_b \varepsilon_{b0}}$.

Установленные предельные значения ω_b составили 0,78. Значения коэффициента полноты эпюры напряжений бетона растянутой зоны ω_{bt} были вычислены по формуле (4) для всех балок при значениях: $\varepsilon_{bt0} = 0{,}2$ ‰, $\varepsilon_{bt} =$ ‰. Среднее значение составило 0,8.

Обобщенные кусочно-линейные диаграммы стали с условным пределом текучести, использованной в настоящих опытах, были определены на основании рекомендаций макета Российских норм тремя базовыми точками, соответствовавшими пределу упругости (σ_y), условному пределу текучести ($\sigma_{0,2}$) и временному сопротивлению (P_{sbp}).

Теоретические разрушающие моменты были вычислены при

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

значениях усилий в арматуре и в бетоне, определяемых по формулам

$$N_s = \sigma_s A_s \text{ и } N_b = R_b b X \omega_b, \quad (5)$$

где N_s — усилие в арматуре; σ_s — напряжения в арматуре при разрушении балок, в зависимости от опытных деформаций ε_s устанавливаемые с использованием параметров диаграмм $\sigma_s - \varepsilon_s$ одноосного напряженного состояния и условия деформирования бетона и арматуры; N_b — усилие в бетоне; X — высота сжатой зоны, определяемая из уравнения равновесия усилий в бетоне и в арматуре, когда усилия в арматуре выражены через краевые деформации и высоту сжатой зоны бетона; ω_b — коэффициент полноты эпюры напряжений, определяемый по формулам (3) или (4).

Соотношение значений опытных и теоретических разрушающих моментов $\frac{M^{exp}_{max}}{M^{**}_{max}}$ составило в среднем 0,98, что подтверждало приемлемость использования модели расчета макета Российских норм для оценки прочности слабоармированных изгибаемых ячемстобетонных элементов наряду с моделью СНиП 2.03.01-84. Соотношение значений опытных и теоретических моментов образования нормальных трещин $\frac{M^{exp}_{crc}}{M^{**}_{crc}}$ составило 0,98, что также подтверждало высокую точность обобщенного метода расчета в части оценки трещиностойкости слабоармированных ячеистобетонных изгибаемых элементов.

УДК 666.973.6

И. В. ГАВРИЛИНА, инж. (НИИЖБ);
Г. А. РАЦЕНБЕРГ, инж. (Луганский КЯБК)

Изгибаемые конструкции из ячеистого бетона

Луганский комбинат ячеистобетонных конструкций разработал составы и технологию получения конструкционно-теплоизоляционного автоклавного ячеистого бетона плотностью 500 кг/м³ для изготовления изгибаемых конструкций в виде стеновых панелей промышленных и общественных зданий и плит покрытий и перекрытий малоэтажных жилых домов.

Проектированию вышеупомянутых конструкций предшествовали исследования основных прочностных и деформативных свойств ячеистого бетона, необходимых для расчета конструкций по методике СНиП 2.03.01-84 по I и II предельным состояниям. Исследования проводились на кубах с ребром 10 см и призмах размером 10 × 10 × 40 см. Определялись призменная прочность, модуль упругости, прочность при растяжении, ползучесть и усадка бетона. Нормативные значения прочности ячеистого бетона плотностью 500 кг/м³ с обеспеченностью 0,95 (R_{bn} и R_{btn}) соответствовали приведенным в СНиП 2.03.01-84 значениям для класса бетона В 2,5, а модуль упругости был равен в среднем 2,35 × 10³ МПа.

Деформации усадки ячеистого бетона при изменении влажности с 30 % до 3 % составили 0,185 мм/м. Деформации ползучести при напряжениях сжатия порядка 1,5 МПа после 600 сут испытания были не более 67,5 × 10⁻⁵. При этом характеристика ползучести $\varphi_\infty = 1{,}05$, а коэффициент упругопластического состояния бетона при длительном нагружении $\nu = 0{,}25$.

На основании полученных характеристик ячеистого бетона в НИИЖБе были разработаны рабочие чертежи плит покрытий и перекрытий малоэтажных жилых домов (шифр 11.5-3-91) толщиной 300 мм, шириной 1200, 1500 мм и длиной 3,0; 3,6; 4,2 и 6,0 м.

По рабочим чертежам на Луганском КЯБК была изготовлена опытная партия плит размером 4200 × 1500 × 300 мм, армированных сварными объемными каркасами, как показано на рисунке. Испытания этих плит пу-

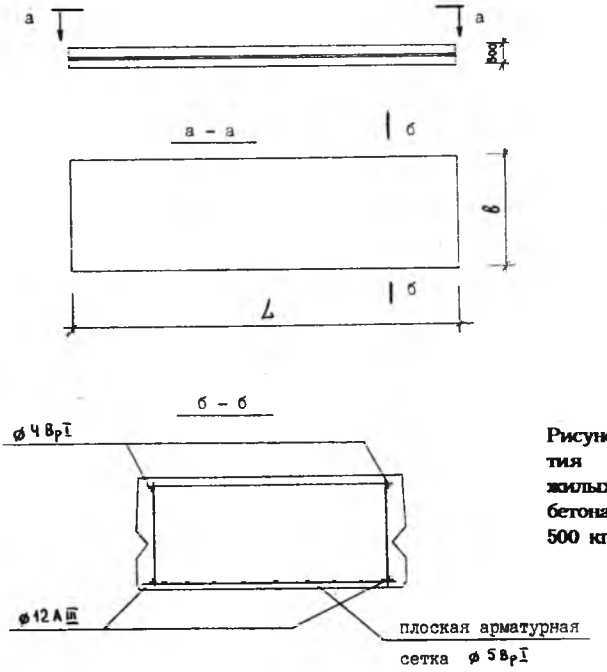


Рисунок 1 Плита перекрытия для малоэтажных жилых домов из ячеистого бетона плотностью 500 кг/м³

© И. В. Гаврилина, Г. А. Раценберг, 1993
Воронежская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

тем нагружения штучными грузами по всей плоскости плит до нормативной нагрузки равной 410 кг/м² (с учетом собственной массы плиты) показало, что прогиб в середине пролета был равен не более 0,9 мм и меньше контрольного в 1,3 раза. Дальнейшее нагружение плит проводилось до достижения продольной растянутой арматурой деформаций порядка 3...4 ‰, при этом прогиб плит в середине пролета составил 1/50 пролета, а раскрытие нормальных трещин в растянутой зоне бетона было порядка 1...1,5 мм. Коэффициент запаса прочности плит был равен 1,7, что больше требуемого по ГОСТ 8829-85.

Применение ячеистого бетона плотностью 500 кг/м³ в изгибаемых ограждающих конструкциях зданий дает возможность снизить массу здания на 10...15 % и при этом повысить термическое сопротивление стен и покрытий в 1,2 раза по сравнению с применяемыми ранее конструкциями из ячеистого бетона плотностью 600...650 кг/м³.

УДК 666.973.6

К. П. МУРОМСКИЙ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Производство и применение неавтоклавного ячеистого бетона

Несмотря на острый кризис в экономике, в последнее время в нашей стране на фоне снижения объемов государственного строительства наблюдается довольно устойчивая тенденция роста индивидуального строительства жилья.

Одним из наиболее эффективных строительных материалов для индивидуальных жилых домов являются мелкие стеновые блоки из неавтоклавного ячеистого бетона. Этот материал по отдельным своим свойствам близок к древесине (низкая теплопроводность, паропроницаемость, легко обрабатывается и т. д.), а по некоторым и превосходит ее (высокая огнестойкость и невозможность гниения). Еще одним весьма важным преимуществом ячеистого бетона является его относительно низкая себестоимость по сравнению с другими материалами.

Однако на пути широкого внедрения неавтоклавного ячеистого бетона имеются некоторые препятствия. Одно из них — отсутствие до последнего времени достаточно дешевого и надежного оборудования для производства мелких блоков. Следует, однако, признать, что сейчас найдены достаточно экономичные решения оборудования, но массовый выпуск его еще не начат.

В силу этого и ввиду сложившейся ситуации спрос на оборудование для изготовления мелких блоков начинает удовлетворяться различными типами примитивных кустарных установок, разработанных непрофессионалами, и не обеспечивающих требуемого качества материала согласно действующим стандартам (Бетоны ячеистые. Технические условия. ГОСТ 254854-89).

Однако в данной публикации эту сторону проблемы развивать не будем, так как она требует особого обсуждения.

В настоящее время многими институтами ведутся работы по технологии неавтоклавных ячеистых бетонов с использованием в качестве сырья различных сырьевых компонентов, в том числе и отходов промышленности. При этом в качестве порообразователей используют как газообразователи, так и различные пенообразователи.

Опыты показывают, что неавтоклавные ячеистые бетоны, полученные на различных сырьевых материалах, отличаются по своим свойствам от автоклавных и даже друг от друга при одинаковых показателях прочности на сжатие. Кроме того, изучение и сопоставление физико-механических свойств неавтоклавных ячеистых бетонов показывает, что существующие стандартные методы определения их свойств ранее разрабатывались применительно к бетонам автоклавного твердения и не учитывают специфики других модификаций ячеистых бетонов неавтоклавного твердения.

В первую очередь, это касается методов нормирования прочности неавтоклавного ячеистого бетона. Так, в действующем ГОСТ 10180 "Бетон ячеистый. Методы определения прочности на сжатие и растяжение" есть упоминание о ячеистом бетоне естественного твердения, образцы из которого следует испытывать через 28 сут хранения в нормальных температурно-влажностных условиях (влажность 90 ± 5 %, температура 20 ± 3° С). Причем в этом же документе указывается, что эталонной влажностью образцов при испытаниях является средняя влажность бетона 10 ± 2 % (по массе). В этом случае возникает вопрос: каким образом можно обеспечить эталонную влажность бетона в возрасте 28 сут?

Опыты показывают, что существующая методика хранения образцов до 28-суточного возраста не позволяет обеспечить среднюю влажность бетона в нормируемых пределах 10 ± 2 %. Более того, в зависимости от вида кремнеземнистого компонента и степени его переработки, использованных при приготовлении бетона, весовая влажность бетона на 28 сутки может быть в одних случаях меньше нормируемой, а в других значительно (в 2—2,5 раза) выше. Опыты также показывают, что влажность ячеистого бетона существенно влияет на его прочностные и деформативные свойства. В связи с этим естественно возникает вопрос об определении или даже назначении эталонного состояния неавтоклавного ячеистого бетона для нормирования его свойств.

Вместе с этим возникает параллельный вопрос и об определении и назначении отпускной прочности неавтоклавного ячеистого бетона. В настоящее время некоторыми исследователями рекомендуется принимать отпускную прочность равной 0,7 от средней марочной. Однако достаточных обоснований такие рекомендации пока не имеют. Во всяком случае, необходимо признать это, в настоящее время отсутствует достаточно обоснованная методика контроля прочности неавтоклавного (пропаренного) ячеистого бетона и особенно ячеистого бетона естественного твердения. В свою очередь, это обстоятельство затрудняет выполнение классификации неавтоклавных ячеистых бетонов по классам по прочности на сжатие, как это требуется

© К. П. Муромский, 1993
Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

для норм проектирования (СНиП 2.03.01-84).

Подобная ситуация складывается и с другими показателями свойств неавтоклавных ячеистых бетонов, на которые одновременно влияют изменение влажности и возраста бетона, что следует учитывать раздельно. Для создания строгих и достоверных показателей свойств неавтоклавных ячеистых бетонов для включения их в нормы проектирования требуются достаточно обширные и планомерные исследования этого материала. В круг исследуемых вопросов следует включить: разработку новой методики контроля прочности неавтоклавного ячеистого бетона, в том числе и естественного твердения; изучить прочностные и деформативные свойства таких бетонов на различных сырьевых материалах при кратковременном и длительном нагружении; изучить вопросы долговечности бетона (длительная прочность, морозостойкость и др.); исследовать теплотехнические свойства бетона на различном сырье.

Особую важность приобретает необходимость изучения и нормирования свойств неавтоклавных ячеистых бетонов в связи с возможной перспективой использования их в несущих изгибаемых элементах типа надпроемных перемычек и малопролетных перекрытий. Предварительные работы по созданию несущих изгибаемых конструкций из неавтоклавного ячеистого бетона уже ведутся в ряде институтов, в том числе и в НИИЖБе.

Вопрос качества и надежности изделий и конструкций из неавтоклавного ячеистого бетона пока в значительной степени остается открытым. Это вызвано тем, что для изготовления этих бетонов применяют большое разнообразие сырьевых материалов и различные виды и типы оборудования, часто просто непригодного для этих целей.

Одним из путей решения задачи обеспечения качества неавтоклавного ячеистого бетона является упорядочение сырьевой базы для его производства. Это может быть достигнуто путем организации производства целевых сухих смесей для различных модификаций ячеистого бетона. Такое направление развития производства ячеистого бетона позволит дополнительно решить вопросы организации контроля качества материала, а также значительно упростить технологическое оборудование для производства изделий на его основе.

Решение поднятых в данной статье вопросов позволит ускорить внедрение неавтоклавного ячеистого бетона в строительство. Однако, в свою очередь, решение этих задач относится к сфере науки и требует централизованного финансирования, которое, к сожалению, сейчас отсутствует.

УДК 666.973.6

В. А. ПИНСКЕР, канд. техн. наук,
В. И. ОРИЩЕНКО, В. П. ЧУМАК,
В. И. ПРЕТРО инженеры (ЛенЗНИИЭП)

Бесцеметные автоклавные песчаные поризованные бетоны для жилых домов

При изготовлении компонентов крупноразмерных изделий для жилых домов целесообразно как можно большую часть номенклатуры изготовлять по единой технологии из одного и того же сырья, что сокращает металлоемкость оборудования и увеличивает компактность заводов КПД и ДСК. В этом отношении экономичным оказалось "цельноячеистобетонное" домостроение [1]. Однако плиты перекрытий и внутренних несущих стен из ячеистых бетонов классов по прочности на сжатие В 7,5 и выше оказались недостаточно трещиностойкими при автоклавной обработке.

Кроме того, изделия железобетонного добора (лестничные марши и площадки, электропанели, дымовентиляционные блоки, шахты лифтов, фундаментные блоки и ростверки, рамы подвало, козырьки входов, цокольные панели, сантехкабины и т. д.) приходилось делать из обычного бетона, что требовало самостоятельного производства со всеми переделами или поставок по кооперации. Правда, значительную часть этих изделий можно выпускать из плотного силикатного бетона, особенно апробированного при изготовлении панелей перекрытий и внутренних несущих стен (на заводах в городах Гродно, Могилеве, Сморгони, Волгограде и др.).

Технология плотных силикатных бетонов разработана ЛИИЖТом, ВПИИстромом [2, 3], Киевским НИИСКом и др. Однако вопрос трещиностойкости изделий из плотных автоклавных бетонов стоит не менее остро, чем из конструктивных ячеистых. Так, на заводе в г. Айхал, выпускающем внутренние стены и плиты перекрытий из силикатного бетона, в целях снижения трещинообразования вынуждены были применять природные крупные заполнители [4]. Обычная же технология силикатных бетонов предусматривает в качестве заполнителя использовать природные крупные пески. Необходимо отметить, что среди всех песчаных месторождений доля крупнозернистых не достигает и 20 %. Это ограничивает сферу применения силикатных бетонов и не допускает их использования во многих районах Сибири, Дальнего Востока, Средней Азии. С целью решения этой задачи ВНИИстром сейчас работает над приготовлением искусственного щебня путем агломерации мелкого песка. Однако это не снимает проблемы утилизации отходов промышленности, большая часть которых имеет мелкодисперсный, пылевидный вид.

Учитывая повсеместное распространение мелких природных песков, следует считать перспективным освоение производства ячеистых и песчаных поризованных бетонов, позволяющих изготавливать широкую номенклатуру строительных изделий и конструкций.

Песчаные поризованные бетоны отличаются от ячеистых тем, что в качестве кремнеземистого компонента используются мелкие природные пески естественной грануляции без предварительного помола. Поризация таких бетонных смесей газообра-

© В. А. Пинскер, В. И. Оришенко, В. П. Чумак, В. И. Претро, 1993
Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

зователем затруднена, так как вспучивание не совпадает во времени с изменением реологических свойств смеси, что приводит к образованию дефектов в межпоровых перегородках бетона, особенно при малой плотности. Поэтому наиболее прост и универсален способ получения поризованного бетона на основе воздухововлекающих добавок, суть которого заключается в насыщении растворной смеси мельчайшими пузырьками воздуха во время ее перемешивания.

Самый существенный недостаток песчаных бетонов — повышенный расход цемента в сравнении с обычными, тяжелыми бетонами. Так, для получения автоклавного мелкозернистого песчаного бетона классов по прочности В 15...В 30 расход цемента составит 350...500 кг на м^3 соответственно.

С ростом доли цемента, поступающего в розничную торговлю как товара народного потребления, его дефицит в стройиндустрии еще более увеличился. Поэтому актуализировался вопрос перехода на малоцементные и бесцементные вяжущие. Автоклавная технология в этом плане имеет определенные преимущества, так как позволяет использовать известь и кальцийсодержащие отходы промышленности [5, 6], взаимодействующие при запарке с гидроксидами кремния, алюминия и железа шихты с образованием высокопрочных гидросиликатов, гидроалюминатов и гидрогранатов.

Исследования по использованию мелкозернистых песков и по частичной или полной замене цементного вяжущего известью включали подбор составов бетона плотностью порядка 1400...1700 кг/м^3, а также изучение влияния некоторых технологических факторов на его физико-механические характеристики. Эксперименты показали, что на основе негашеной извести, молотого и немолотого мелкозернистого песка и по режимам автоклавной обработки, принятым на заводах автоклавных бетонов и силикатного кирпича, можно изготовлять бесцементные бетоны классов по прочности на сжатие от В 10 до В 30 и плотностью от 1400 до 1600 кг/м^3 при расходе извести от 100 до 200 кг/м^3.

Аналогичные бетоны были получены также и на основе отвальной золы Сланцевской ТЭЦ, примененной в качестве вяжущего.

Задача повышения трещиностойкости высокопрочных бесцементных бетонов для несущих конструкций решалась путем получения "тяжелого" ячеистого бетона (или "облегченного" силикатного) методом поризации растворной смеси. По отношению к ячеистому бетону трещиностойкость повышается из-за существенного снижения водотвердого отношения и дисперсности кремнеземистого компонента. По сравнению же с плотным силикатным бетоном трещиностойкость увеличивается благодаря образованию внутренних "демпферов" (согласно П. Г. Комохову) — ячеек, релаксирующих давление пара при завершении автоклавной обработки. Трещиностойкость проверялась при изготовлении кубов размером 300 × 300 × × 300 мм, которые из плотного бетона получить невозможно без трещин.

Данные исследования проводились для использования в технологии производства строительных изделий и конструкций для жилых домов на заводе КПД г. Ноябрьска, Тюменской обл.

Высокопрочные ячеистые бесцементные бетоны обладают малой усадкой — при высыхании от состояния водонасыщения до установления равновесной влажности она находится в пределах 0,15..0,32 мм/м и зависит не от активности смеси, а от содержания молотого песка.

Изменение состава бетона мало влияет на величину водопоглощения, которая для бетонов плотностью 1400...1700 кг/м^3 составляет 19...15 % соответственно. Коэффициент размягчения в среднем составляет 0,8. Поризация смеси вовлеченным воздухом способствует образованию значительного количества замкнутых пор, что повышает морозостойкость бетона в сравнении с аналогичным бетоном, изготовленным без поризации. Бесцементный ячеистый бетон со средней плотностью 1500 км/м^3 имеет морозостойкость порядка 50 циклов. Ведение в состав бетона портландцемента (30...50 кг/м^3) повышает морозостойкость до 200 циклов. Прочностные характеристики бетонов, изготовленных при различных давлениях пара и активности смеси, приведены в таблице.

Следует отметить, что прочность бесцементного ячеистого бетона так же, как и ячеистого на цементном вяжущем, находится в параболической зависимости от его плотности. Так, для бетона плотностью 1400 кг/м^3 (активность смеси 9 %) прочность равна 20 МПа. При повышении плотности до 1500 кг/м^3, прочность бетона достигает 30 МПа, т. е. возрастает почти на 50 %, в то время как расход сырьевых материалов увеличивается всего на 7,1 %.

Для проверки деформативно-прочностных свойств железобетонных конструкций из нового вида бетона были изготовлены опытные балки размером 1200 × × 200 × 100 мм с коэффициентом армирования 0,024. Бетон приготовлялся из смеси активностью 7 % с долей молотого песка 40 % (удельной поверхностью 200 м^2/кг) и водотвердым отношением 0,2. Плотность бетона составила 1500 кг/м^3, кубиковая прочность 20,6 МПа, призменная 16 МПа, прочность

№№ пп	Давление пара (изб.) и режим (подъем – выдержка – спуск	Активность смеси, %	Доля молот. песка, %	Удельная поверхн. молот. песка, м^2/кг	Объемная масса в сухом сост., кг/м^3	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на растяжение, МПа
1	0,8 МПа	6,0	50	200	1460	15,7	1,74
2	(1,5–6–1,5) ч	8,0	50	200	1530	26,3	3,04
3		9,5	50	200	1570	31,6	3,55
4	1,0 МПа	6,0	50	200	1450	15,6	2,00
5	(1,5–5–1,5) ч	7,7	50	200	1550	22,9	2,60
6		8,7	50	200	1560	30,1	3,53
7	1,2 МПа	6,0	50	180	1480	16,8	1,86
8	(2–4–2) ч	8,2	42	180	1550	24,8	2,38
9		9,0	46	180	1570	31,9	–

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

на растяжение при расколе 1,9 МПа, модуль упругости 10,8 ГПа. Балки были испытаны сосредоточенными силами и разрушились по сжатой зоне бетона. Прочность оценивалась по теоретической формуле (обозначения — нормативные):

$$M = \sqrt{3/7} R_b b h_0^2 \xi (1 - \xi/3),$$

где $\xi = \mu d(\sqrt{1+2/\mu\alpha} - 1)$.

Отношения расчетного и опытных разрушающих моментов составило 1,08, что свидетельствует как о надежности конструкции, так и о приемлимости теоретической методики расчета прочности.

ВЫВОДЫ

1. Разработан новый вид бетона — ячеистый высокопрочный бесцементный бетон, обладающий повышенной трещиностойкостью и изготовляемый на основе мелкодисперсных песков и отходов промышленности.

2. Физико-механические свойства нового бетона отвечают требованиям, предъявляемым к бетонам для несущих конструкций жилых и общественных зданий.

3. Испытания армированных элементов из ячеистого высокопрочного бесцементного бетона показали их надежность и пригодность разработанной методики расчета их прочности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пинскер В. А., Коровкевич В. В. и др. Экономичность применения ячеистых бетонов в жилищном строительстве. Обзор. М.: ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1976, 44 с.
2. Саталкин А. В., Комохов П. Г. Высокопрочные автоклавные материалы на основе известково-кремнеземистых вяжущих. Л.: Стройиздат, 1966, 238 с.
3. Воробьев Х. С. Вяжущие материалы для автоклавных изделий. М.: Стройиздат, 1972, 287 с.
4. Асилов Ю. М., Макарцев В. Н. Исследования деформаций тяжелого силикатного бетона и его компонентов при низких отрицательных температурах. В кн.: Сб. трудов № 20, М.: ВНИИстром, 1971, с. 94–98.
5. Боженов П. И. Технология автоклавных материалов. Л.: Стройиздат, 1978, 367 с.
6. Галибина Е. А. Автоклавные строительные материалы из побочных отходов ТЭЦ. Л.: Стройиздат, 1986, 128 с.

УДК 666.973.6

А. П. АКИМОВА, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Как помочь сельским жителям не мерзнуть в собственных домах

Проблемы снижения материалоемкости строительства и повышения теплозащиты зданий приобретают особую актуальность в связи с ожидаемым интенсивным ростом индивидуального строительства малоэтажных усадебных домов.

Из множества требований, предъявляемых к строительным материалам в жилых домах, следует выделить два основных: способность нести нагрузку и способность создать ограждение с требуемыми теплозащитными свойствами. Первый показатель, характеризующий несущую способность материала, тем лучше, чем выше его прочность и чем меньше его средняя плотность. При этом, чем выше прочность материала и чем меньше его собственная масса, тем меньше собственная масса конструкций.

Второй показатель, характеризующий материал, в большинстве случаев зависит от его теплозащитных свойств: чем лучше теплозащитные свойства материала, тем тоньше ограждение и, стало быть, тем меньше затрачивается материала на единицу его площади, а при эксплуатации домов меньше расходуется топлива на обогрев жилища.

Известно, что сталь, с точки зрения несущих качеств, стоит на первом месте, но с точки зрения теплозащитных свойств она оказывается на последнем месте. В то же время легкий бетон как несущий материал уступает только стали, а как материал для ограждений — только дереву. Если, например, возвести стены для климатических условий Москвы и за эталон принять дерево, то толщина стен из разных материалов увеличится, по сравнению с толщиной стены из дерева (0,136 м), соответственно из легкого бетона средней плотностью 1000 кг/м³ в 2,5 раза, из кирпичной кладки в 5 раз, из тяжелого бетона в 7 раз, из стали — более чем в 300 раз.

Итак, из всего семейства строительных материалов (не считая дерева) легкий бетон при его армировании в наибольшей степени может сочетать в себе одновременно несущие и теплозащитные свойства. Поэтому в последние годы при начавшемся широком строительстве индивидуальных усадебных домов с монолитными однослойными стенами в качестве материала для них используют керамзитобетон.

Однако не секрет, что во многих регионах страны керамзитовый гравий является остродефицитным, а в других — если и имеется, то зачастую не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к нему как к легкому пористому заполнителю. В связи с этим на практике показатели средней плотности керамзитобетона значительно превышают требуемые, составляющие по действующим нормам проектирования для однослойных наружных стен 1000...1100 кг/м³. Это приводит к значительным теплопотерям, перерасходу топлива, а порой и к промерзанию стен. Из создавшегося положения напрашивается вывод: либо увеличивать толщину однослойных стен, но это влечет за собой повышение материалоемкости строительства и его удорожание, или применять многослойные конструкции в сочетании с эффективным утеплителем, но последнего в нашей стране, к сожалению, весьма не достаточно.

Решение жилищной проблемы

© А. П. Акимова, 1993
Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

на селе выдвигает настоятельную необходимость изыскивать и разрабатывать новые строительные материалы на базе местного сырья, обладающие высокими теплозащитными свойствами и требуемой несущей способностью. Это крайне необходимо также, если учесть имеющееся мнение специалистов о желательном повышении нормативных требований к теплозащите зданий в нашей стране и доведении их до уровня зарубежных.

По нашему твердому убеждению, одним из эффективных строительных материалов для возведения монолитных однослойных наружных стен в малоэтажных домах может служить газобетон естественного твердения. Этот материал является разновидностью ячеистого бетона и может быть отнесен к разряду местных строительных материалов. Он изготовляется на основе цемента с применением в качестве наполнителя отходов тепловых электростанций, образующихся при сжигании угля в топках котлоагрегатов, или кварцевого песка естественной гранулометрии. Отходы (зола—уноса сухого отбора или золошлаковые смеси гидроудаления) являются активными компонентами вяжущего, т. е. чем больше содержится в смеси золы, тем больший относительный прирост прочности имеет бетон в длительные сроки твердения. В этом кроется резерв экономии цемента.

В газобетоне естественного твердения благоприятно сочетаются требуемые прочность, плотность, теплопроводность, морозостойкость и другие свойства. За счет введения в сырьевую смесь газообразующей добавки бетон имеет пористую структуру, в которой твердый скелет является носителем прочности, а поры обеспечивают малую плотность и необходимые теплоизоляционные свойства. Чем выше пористость материала, тем меньше его плотность и лучше теплозащитные свойства, поскольку коэффициент теплопроводности вещества материала примерно в 100 раз превышает коэффициент теплопроводности воздуха, заключаемого в порах материала. Однако снижать плотность бетона за счет увеличения пористости можно не беспредельно, ибо это чревато снижением прочности и потерей требуемой несущей способности материала.

В НИИЖБе разработаны рациональные составы сырьевых смесей для конструкционно-теплоизоляционного газозолобетона и газобетона. При средней плотности газозолобетона 700...800 кг/м^3 и газобетона на песках 900...1100 кг/м^3 прочность материала составляет 2,5...5,0 МПа в зависимости от расхода цемента и возраста бетона.

Эффективность ячеистого бетона естественного твердения (газозолобетона и газобетона на песках) была проверена на практике строительства в Ростовской обл. (Кагальницкий район: хутор Родники, станицы Кагальницкая и Хомутовская; Аксайский район: поселок Красный колос и Берючекотская селикционная станция); в Томской обл. (совхозы "Вершинино" и "Батурино"); в Вологодской обл. (поселок Кадуй); в Калининградской обл. (совхоз "Романово"); в Калмыкии (Целинный район: село Троицкое); в Узбекистане (Кашкадарьинская обл.: совхоз "Ленин йули).

Проведение экспериментального строительства одновременно в нескольких регионах страны имело целью установить особенности использования газобетона в различных климатических условиях на базе применения местного сырья: золы-уноса сухого отбора Повочеркасской ГРЭС и золошлаковых смесей гидроудаления Томской ГРЭС, Череповецкой ГРЭС и ТЭС Калининградского ЦБЗ, а также кварцевого песка Калмыкии и барханного песка Узбекистана.

В каждом регионе имелись свои особенности в технологии бетонирования стен. Например, в поселке Кадуй Вологодской обл. стены возводили при низких температурах окружающего воздуха (около 0 °С) с использованием электропрогрева уложенной в опалубку газозолобетонной смеси. Кроме того, отрабатывалась технология укладки газобетонной смеси с помощью растворонасоса или бадьи-туфельки и крана. И во всех указанных случаях была убедительно доказана возможность использования газобетона взамен керамзитобетона в монолитных стенах одноэтажных усадебных домах.

В личной беседе хозяева дома № 9 по Комсомольской ул. на хуторе Родники Ростовской обл. делятся своими впечатлениями о комфортности жилья в доме с монолитными стенами из газозолобетона: в доме сухо, тепло, легко дышится, топлива расходуется меньше, чем в соседнем доме с керамзитобетонными стенами.

В ходе натурных наблюдений за состоянием стен из газозолобетона в течение семилетней и газобетона в течение трехлетней эксплуатации домов выявлено отсутствие на них следов морозного разрушения и трещин усадочного характера, которые могли бы отрицательно повлиять на несущую способность и теплозащитные свойства стен.

Расчет технико-экономической эффективности показал, что при замене керамзитобетона на газозолобетон снизилась материалоемкость монолитных стен на 200...400 кг/м^3, расход на отопление дома уменьшился в 1,2 раза, стоимость 1 м^2 стены сократилась в 1,5...2 раза. Отраден тот факт, что можно с пользой утилизировать многотоннажные отходы тепловых электростанций, заполонивших плодородные земли. И чем больше будет построено таких домов, тем скорее решится социальная проблема села и значительно улучшится экологическая обстановка.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 625.074:69.057

Ю. А. ЧАРУЙСКИЙ, канд. техн. наук (МНИИТЭП),
Б. ЖАВЛИЕВ, канд. техн. наук (СамГАСИ)

Тонкостенные унифицированные плиты для сетчатых оболочек

При разработке технических решений пространственных покрытий из сборного железобетона одной из актуальнейших задач является обеспечение их экономичности по расходу материалов, технологичность в изготовлении и монтаже сборных элементов.

Требованиям малой материалоемкости сборных покрытий в виде оболочек отвечает новый тип плит, имеющих в плане форму равностороннего треугольника. Основная конструктивная особенность этих сборных элементов заключается в их тонкостенности: плита имеет ребра только по контуру, толщина полки плиты составляет 15 мм. Это дает возможность конструировать плиту в соответствии с требованиями, предъявляемыми к армоцементным элементам.

Полка плиты армируется двумя сварными сетками из проволоки диаметром 1 мм с размером ячейки 10×10 мм. Концы сетки заводятся в ребра, армированные стержневой арматурой. Арматура контурных ребер изготовлена в виде каркаса из 2 Ø 14 мм и приваренных по концам к закладным деталям в углах плит. Для ребер, не выходящих за контур, арматура представлена каркасом, нижняя и верхняя ветви которого изготовлены из проволоки Ø 6 мм. Высота ребер, выходящих на контур покрытия, принята равной 240 мм, внутренние ребра имеют высоту 120 мм. Длина всех сторон треугольной плиты составляет 3100 мм. Полка плиты очерчена по сферической поверхности, радиус сферы — 18 м. По боковым поверхностям ребер устроены шпоночные прямоугольные углубления.

Таким образом, конструктивные решения пространственных покрытий из разработанных тонкостенных элементов представляют собой сетчатую железобетонную оболочку из ребер, объединенную тонкой полкой толщиной 15 мм.

Первым этапом создания покрытий из сборных элементов типа армоцементных была разработка и строительство опытного шестиугольного покрытия пролетом 24 м из облегченных треугольных плит. В этом сооружении полку плиты выполняли толщиной 20...30 мм, а сами сборные элементы представляли собой тонкостенные железобетонные конструкции*.

Второй этап разработки покрытий в виде оболочек из тонкостенных плит включал конструирование консольных покрытий из армоцементных плит одного типоразмера с высотой ребра 120 мм и толщиной полки плиты 15 мм. Это покрытие представляет собой ромбовидную в плане конструкцию на четырех опорах. Оно состоит из трех частей: центральной выпуклой с переломом по поперечной оси симметрии и двух консолей. Опоры связаны между собой затяжками: две предусмотрены в поперечном направлении и две — в продольном. Допускается варьирование жесткостей затяжек. В предельном случае их жесткость может быть принята нулевой. Варьировалась также толщина полок плит, а также длина вылета консоли. В последнем случае следовало бы исследовать работу покрытия с консолью длиной 7,91 м, а также с консолью без последней плиты длиной 5,25 м. В первом варианте размер покрытия составляет 15,82×9,56 м, во втором — 10,54×9,56 м.

Различные варианты конструктивного решения этого покрытия сравнивали методами математического моделирования.

Применительно к рассматриваемой конструкции цель последнего состоит в вычислении ее напряженно-деформированного состояния численным методом на ЭВМ с выявлением всех компонентов этого состояния (изгибного и плосконапряженного — для поля оболочки, поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов — для подкрепляющих ребер). Достаточная точность моделирования обеспечивается адекватным воспроизведением в нем основных параметров конструкции, оказывающих наибольшее влияние на ее статическую работу. К числу таких параметров относятся: геометрия поверхности составной оболочки, жесткость ребер с учетом переменной ширины швов, характер приложения нагрузки и т. п.

Всего проверено 7 вариантов конструктивных решений покрытия, в которых определено напряженно - деформированное состояние элементов конструкции. Исследованы влияние жесткости затяжек (приняты затяжки диаметром 28 и 20 мм, в третьем варианте затяжки отсутствуют), а также толщины полки плит (15 и 20 мм), проверено напряженно - деформированное состояние покрытия с уменьшенным вылетом консоли.

Анализ напряженно-деформированного состояния покрытий показал, что поперечные затяжки практически не работают, усилия в них близки к нулю. Растягивающее усилие в продольной затяжке при диаметре арматуры 28 мм и толщине полки оболочки 15 мм равно 1,49 т.

Исследования выявили, что изменения жесткостных параметров плит оболочки и затяжек не оказали существенного влияния на изменение напряженного состояния затяжек. В то же время обследование прогибов покрытия при различных жесткостях затяжек и полок плит (рис. 1) выявило их тесную взаимосвязь, особенно существенную при отсутствии продольной затяжки. Влиянием поперечной затяжки можно пренебречь.

Как видно из эпюр прогибов, на контуре сооружения они качественно схожи во всех вариантах. Характерной особенностью всех эпюр является наличие зоны выгибов (направленные вверх вертикальные перемещения, имеющие знак +). Прогиб конца консоли при наличии затяжек весьма значителен: при толщине полки 20 мм он дости-

* Чаруйский Ю. А., Ухов Б. С. Составная тонкостенная полигональная оболочка // Бетон и железобетон.— 1990.— № 12.— С. 3–5.

© Ю. А. Чаруйский, Б. Жавлиев, 1993

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

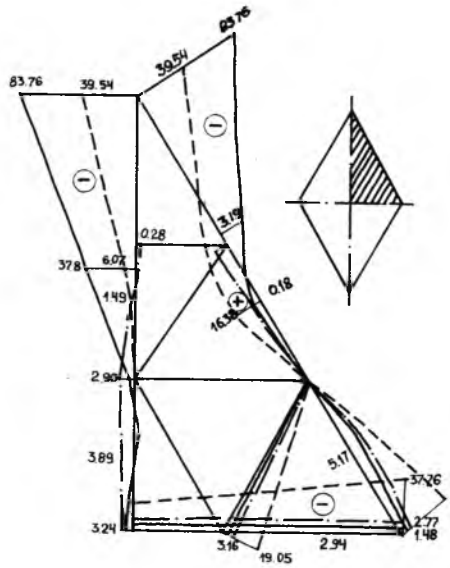


Рис. 1. Прогибы покрытия
—— — при продольной и поперечной затяжках диаметром 20 мм; — — — — — — — — — без затяжки; —·—·—·—· — для оболочки с уменьшенным вылетом консоли (затяжки диаметром 20 мм)

гает 92,8 мм. При отсутствии затяжек его величина уменьшается более чем вдвое (44,3 мм).

Исследование нормальных усилий в ребрах покрытия при варьировании различных конструктивных решений отдельных элементов показало, что увеличение толщины плит сопровождается уменьшением усилий в ребрах на 10...15 %, а наличие продольной затяжки заметней всего сказывается на напряженном состоянии поперечных ребер и ближайшего к середине оболочки диагонального ребра. В качественном же отношении эпюры нормальных усилий в ребрах во всех рассмотренных вариантах почти полностью идентичны.

Наибольшие растягивающие усилия наблюдаются в поперечном ребре, отделяющем центральную часть оболочки от консольной, и в примыкающих к нему ребрах. Максимальное усилие при толщине полки 15 мм достигает 5,2 т, а при толщине 20 мм — 4,3 т. Максимальная толщина величины усилия в этих ребрах, растянутых по всей длине, достигает 7,4 т.

Анализ изгибающих моментов в ребрах показал, что максимальными являются не пролетные, а опорные изгибающие моменты. Отсутствие затяжек приводит к весьма заметному увеличению изгибающих моментов в ребрах, примыкающих к поперечной оси симметрии покрытия.

Наибольший интерес представляет конструктивное решение покрытия без последней плиты консольной части. Незначительное уменьшение при этом площади покрываемого помещения существенно улучшает работу оболочки по всем параметрам ее напряженно-деформированного состояния. Сопоставление произведено при толщине полки плит оболочки 20 мм и диаметре затяжки 20 мм. Величина вертикальных перемещений при этом уменьшается многократно. Изъятие последней плиты консоли снимает зону максимальных перемещений, максимум которых составлял 83,76 мм. Конец укороченной консоли поднимается вверх максимально на 3,19 мм. Зона прогибов вдоль поперечной оси симметрии практически единообразна по величине. Максимальный прогиб достигает в центре симметрии покрытия величины 3,24 м и постепенно уменьшается к краю по поперечной оси симметрии до 2,72 мм.

Существенно снижаются также величины нормальных усилий в ребрах. Примерно вдвое уменьшаются нормальные усилия в боковом контуре и во внутреннем ребре консоли. Усилия в контурном поперечном ребре консоли меняют знак (было растяжение — стало сжатие). Также в два раза уменьшается величина растягивающих усилий в диагональном ребре плиты, концы которой расположены на поперечной и диагональной осях симметрии (максимальная величина — 1,88 т).

Анализ изгибающих моментов также выявил существенное уменьшение их максимальных значений как в консольной, так и в центральной части покрытия. В торцевом ребре консоли максимальная величина моментов уменьшилась в 6 раз, в диагональном — в 5 раз; в ребрах центральной части покрытия максимальные значения изгибающих моментов уменьшились на порядок.

Таким образом, по всем параметрам напряженно-деформированного состояния конструктивное решение консольного покрытия без последней плиты безусловно предпочтительнее других вариантов и поэтому может быть рекомендовано для дальнейшего применения в проектных работах и строительстве.

Третьим этапом конструирования армоцементных покрытий было применение разработанных ранее армоцементных треугольных сборных плит в проектируемой конструкции оболочки. Это покрытие предназначалось в качестве навеса над складом ГСМ на Первом московском часовом заводе. Покрытие общим размером 15,9×28 м представляет собой оболочку из десяти одинаковых "элементарных" оболочек, каждая из которых очерчена по поверхности, близкой к сферической (рис. 2). Каждая "элементарная" оболочка состоит из девяти сборных плит и имеет в плане вид треугольника с длиной стороны примерно 9 м. Контур составного покрытия представляет собой 8 арочных элементов с затяжкой, выполненной в виде арматурного стержня диаметром 32 мм. Кроме этих контурных затяжек, установлена также затяжка по поперечной оси симметрии, соединяющая между собой две опоры. Эта затяжка выполнена в виде двух стержней диаметром 36 мм.

Покрытие опирается на 8 железобетонных опор (колонн), расположенных по его контуру приблизительно через 9 м. Вы-

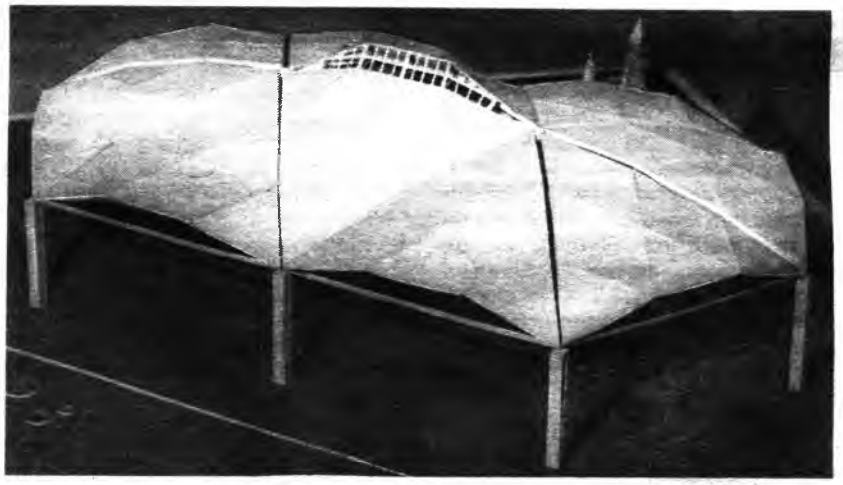


Рис. 2. Общий вид покрытия

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

сота колонн 4 м, сечение 300×300 мм. Каждая колонна установлена в индивидуальный фундамент площадью 1,8×1,8 м.

Разработанный тип покрытия собирается из 90 сборных плит трех типоразмеров. Все плиты, выходящие на контур "элементарно" оболочки, имеют высоту ребра 240 мм. Высота всех внутренних ребер вдвое меньше. Все составляющие треугольные оболочки имеют одинаковые геометрические параметры и, следовательно, их можно монтировать на одном сборочном стенде.

Ориентировочная масса этого монтажного элемента составляет 6...7 т. После установки всех плит монтажного блока, выверки их геометрического положения и соединения стыков наварными металлическими накладками производится омоноличивание швов между плитами. Перед монтажом треугольной оболочки ее концы по боковым сторонам соединяют с помощью сварки монтажными затяжками. Последние сохраняются до окончания всех работ по сборке покрытия и снимаются в процессе его раскружаливания.

При монтаже практически все треугольные оболочки двумя концами опираются на постоянные опоры в виде колонн, а одним — на монтажную опору. Две центральные оболочки опираются одним концом на колонну, а двумя концами — на монтажную опору. Стойки последней должны опираться на основание через песочницы, с помощью которых производится раскружаливание.

Выполненные на ЭВМ методом конечных элементов с использованием программы "Лира" расчеты напряженно-деформированного состояния показали, что возникающие в элементах конструкции усилия не превышают нормативных значений. Максимальный прогиб на продольном контуре 16,1 мм, на торцевом контуре — 20,2 мм. Соотношение величины максимального прогиба к пролету равно примерно 1:500, что свидетельствует о достаточной жесткости конструкции.

Выводы

Применение разработанных армоцементных сборных элементов в пространственных покрытиях показало их эффективность при создании архитектурно выразительных сооружений, обладающих малой материалоемкостью и небольшими затратами при монтаже. Ориентировочные показатели расхода бетона на 1 м^2 площади покрытия 4,5 см/м^2, включая бетон омоноличивания между сборными плитами и бетон радиальных швов между "элементарными" оболочками. Примерный расход металла, включая арматуру временных и постоянных затяжек, не превышает 9 кг/м^2.

Кроме Москвы, в настоящее время организуется производство треугольных плит для строительства сетчатых оболочек в Узбекистане.

УДК 624.012.45:69.059.2

О диагностике несущей способности железобетонных конструкций

М. В. СИДОРЕНКО, Д. А. КОРШУНОВ кандидаты техн. наук, НИИСК (Киев)

Наиболее достоверные данные о несущей способности и характере ее исчерпания дают испытания конструкции нагружением до разрушения. Но они сложны, дороги, а главное — сама конструкция после них перестает существовать. Поэтому такие испытания малочисленны и прогнозировать по их результатам характеристики других конструкций обычно невозможно, т. к. не известна их изменчивость.

Отдельные весьма ответственные сооружения до ввода в эксплуатацию испытывают пробной нагрузкой, не доводя их до предельной стадии. Такие испытания имеют давнюю традицию в мостостроении и даже регламентированы СНиП 3.06.07-86. Но информативность их очень ограничена: в результате получают дополнительные (от действия испытательной нагрузки сверх собственного веса) деформации и перемещения. Считают, что (при простой расчетной схеме) отношение действительного к вычисленному значений такой характеристики не должно быть больше единицы. С такой оценкой можно согласиться только для интегральной характеристики (прогиб, угол поворота), т. к. разброс локальной характеристики (местная деформация) может быть очень большим. Остается неясным действительный запас прочности, нет данных о возможном характере разрушения конструкции.

Известны предложения оценивать состояние конструкции и целого сооружения по параметрам их колебаний — частоте и декременту (применительно к наиболее простой технической задаче приемочного контроля сборных железобетонных изделий такие предложения описаны в [1]). Нужно иметь в виду особенности этих характеристик. Частота колебаний зависит прежде всего от распределенной массы конструкции (ее нужно определить заранее), ее изгибной жесткости и модуля упругости бетона. Последний коррелирует с его прочностью, но такая корреляция нуждается в опытной корректировке (как при определении прочности бетона ультразвуковым методом). Декремент колебаний коррелирует со степенью обжатия бетона, но нелинейно (с повышением обжатия производная этой зависимости приближается к нулю, а иногда даже меняет знак). Оба эти параметра зависят от трещинообразования бетона (зачастую оно не препятствует нормальной работе конструкции), от связи испытываемой конструкции с соседними. Существенно, что названные параметры не чувствительны к армированию, которое определяет прочность большинства железобетонных конструкций.

В литературе описываются главным образом техника названных статических и динамических испытаний, но нет убедительного обоснования области их рационального использования, интерпретации опытных данных. Таким образом, оказывается невозможным получить опытную информацию, которая непосредственно характеризовала бы несущую способность железобетонной конструкции.

Достаточно достоверный прогноз несущей способности конструкции и вероятного характера ее разрушения можно получить расчетным путем [2]. Для этого нужно использовать результаты освидетельствования конструкции, измерения основных ее элементов и испытания материа-

© М. В. Сидоренко, Д. А. Коршунов, 1993

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

лов (бетона, стали). Многие из этих вопросов уже имеют приемлемое решение, но некоторые до сих пор не решены. Целесообразно рассмотреть их подробнее.

Для оценки конструкции необходимо установить ее состояние путем освидетельствования, которое включает:

сбор и анализ технической документации. Проектная документация наиболее полно характеризует конструкцию, а производственная может содержать полезную информацию о ее осуществлении. При длительной эксплуатации конструкций интересны результаты ранее выполненных освидетельствований, которые могут проявить кинетику повреждений;

определение соответствия конструкции проекту, о котором судят по внешнему виду, размерам и характеру сопряжения элементов, маркировке сборных деталей и подобным признакам, сравнивая их с технической документацией. На этой стадии важно было бы проверить конструкцию армирования. Наиболее полную информацию об этом может дать просвечивание конструкции (радиография по ГОСТ 17625—83), но оно сложно и дорого. Поэтому чаще используют магнитный метод по ГОСТ 22904—78 или вскрывают арматуру, но возможности такого контроля ограничены;

выявление дефектов и повреждений (несовершенств) конструкций, наиболее полная классификация которых приведена в [3]. Многие несовершенства имеют скрытый характер, т. к. методы дефектоскопии развиты пока слабо (например, [4]), недостаточно определена точность получаемых результатов. Актуально создание достоверных методов определения характера и размеров деструкции бетона, места обрыва (разрыва) и некачественной сварки арматурных стержней в конструкции.

Несовершенства оценивают с точки зрения возможного влияния их на потребительские свойства конструкции (прежде всего прочность и долговечность) исходя из общих представлений о работе железобетона. Предложения разных организаций по оценке значимости выявленных несовершенств имеют заметные различия. Представляются неосторожными предложения считать ограниченно работоспособными конструкции с уменьшением до 15 % сечения арматуры вследствие коррозии [6] и тем более признавать средней степень повреждения конструкции, в которой при аварийном воздействии разорвано до 30 % арматурных стержней [5]. Для расширения области научно-обоснованных оценок действительной значимости (опасности) несовершенств следует проводить экспериментальные исследования дефектных (поврежденных) конструкций, извлеченных из зданий (сооружений), или специально смоделированных опытных образцов. К сожалению, такие работы никем систематически не проводились.

Для выявления причин повреждений часто оказывается нужным уточнить характер и размер действительной нагрузки на конструкцию. В статически неопределимых конструкциях повреждения могут быть вызваны неравномерной осадкой опор, достоверно фиксировать которую обычно непросто, т. к. отличия от проектного положения могут быть обусловлены и небрежностью возведения конструкций. Важным доводом в пользу наличия таких неравномерных осадок может служить напряженное состояние конструкции, которое отличается от обусловленного приложенной нагрузкой.

В результате освидетельствования необходимо сделать конкретный вывод:

о возможности эксплуатации конструкций (при необходимости с выполнением ремонтных работ), которые не имеют значительных или критических дефектов (повреждений), если не предполагается усложнение условий их эксплуатации (например, увеличение нагрузки после реконструкции);

о разборке (замене) конструкций, которые имеют значительные или критические неисправимые дефекты*;

о выполнении поверочных расчетов — в остальных случаях. Для этого может понадобиться получение дополнительных сведений о действительном состоянии конструкций.

Конструкция характеризуется рядом показателей, действительные значения которых определяют путем измерений и испытаний. Число полученных таким образом единичных значений должно быть достаточным, чтобы оценить изменчивость показателя.

Расположение конструкций и размеры их элементов в большинстве случаев нетрудно определить прямыми измерениями. Не вызывают затруднения измерение размеров колонн и балок, прогиба конструкции (в предположении известного начального ее положения) и раскрытия трещин (по ширине на поверхности). Толщину защитного слоя и расположение арматуры во многих случаях (при однорядном негустом расположении стержней) можно достаточно достоверно определить магнитным методом по ГОСТ 22904—78. Предназначенные для этого приборы можно было бы использовать и для определения толщины плитных элементов при двухстороннем доступе — следует отработать и стандартизовать методику таких измерений, т. к. реальные возможности ультразвуковой толщинометрии весьма скромны. К сожалению, современные приборы не позволяют уверенно различать соседние по сортаменту диаметры арматурных стержней, так что приходится оголять их путем вырубки борозд. Толщину элементов слоистой конструкции (например, тепловодоизоляционной) можно определить лишь после ее вскрытия. Эту операцию следует использовать и для определения действительного веса изоляционных слоев. Установленный ГОСТ 17624—87 радиоизотопный метод определения средней плотности применить обычно не удается, т. к. он не обеспечен приборами.

Наиболее отработаны методы определения действительных характеристик бетона в конструкции [7]. Для этого вовсе не обязательно извлекать из конструкции образцы для испытания: не менее достоверные результаты можно получить методом отрыва со скалыванием (в конструкциях с ортогональными гранями — методом скалывания), используя установленные ГОСТ 22690—88 градуировочные зависимости. Правда, такие испытания довольно трудоемки и дороги. Поэтому при большом объеме контроля их следует комбинировать с более оперативными, предпочтительно ультразвуковым методом по ГОСТ 17624—87. Рекомендуется поверхностное прозвучивание с сухим точечным контактом, которое не только удобнее, но и не вызывает затруднений, связанных с непостоянством скорости прохождения ультразвуковых колебаний на разных базах. Градуировку для испытываемого бетона следует устанавливать

* Такое решение может оказаться экономически целесообразным и для бездефектных конструкций, которые невыгодно приспосабливать к новым условиям в процессе реконструкции. Иногда его можно принять и без освидетельствования.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

по рекомендациям [7]. По результатам таких испытаний можно определить уточненное значение условного класса бетона [8].

Напряжения в бетоне конструкции можно определить давно известным методом тензометрирования при разгрузке. Недавно предложена и исследована его новая модификация, которая обеспечила удобство практического использования. Определены возможные погрешности таких испытаний, отработана в производственных условиях их техника [9].

Гораздо меньше проработан вопрос определения и оценки механических характеристик арматуры. Для этого следовало бы разработать также (по аналогии с бетоном) два вида методов: с использованием непосредственного силового воздействия, который мог бы получиться весьма достоверным, и бесконтактный оперативный для массовых испытаний. В последнем направлении уже имеются определенные успехи для одиночных незабетонированных стержней [10], исследовались и забетонированные стержни.

Известны исследования возможностей применения оперативных испытаний и для определения напряженного состояния арматуры. Они дают неплохие результаты для одиночного незабетонированного стержня и несколько худшие для забетонированного [11]. Желательно, чтобы прибор для бесконтактного определения параметров армирования был универсальным (включая геометрические характеристики).

Пока же для целей реконструкции в СНиП 2.03.01-84 установлено: принимать класс стали по проекту, если конструкция ему соответствует, определять этот класс по результатам испытания на разрыв отобранных из конструкции образцов (в большинстве случаев это не реально) или назначать расчетное сопротивление стали в зависимости от вида профиля арматурного стержня. В последнее время начали обозначать класс стали на арматурном стержне при его прокатке.

В результате получают исходные данные для поверочного расчета конструкции.

Выводы

Отечественный уровень разработок в целом соответствует мировому, а в отдельных случаях (например, [9, 10]) даже превышает его. Вместе с тем следует назвать перспективные направления научно-технического развития:

прежде всего, нужно детальное изучение влияния наиболее распространенных несовершенств конструкций на их несущую способность. Это необходимо для формализации и ранжирования значимости результатов освидетельствования;

во-вторых, требуется создание новых и совершенствование существующих методов и средств испытаний для определения единичных показателей качества конструкций, развитие их метрологического обеспечения. Прежде всего это относится к определению параметров армирования;

наконец, следует изучить особенности учета условий работы и вероятностных характеристик эксплуатируемых конструкций при поверочных их расчетах. Здесь может оказаться не вполне обоснованным подход, принятый при проектировании новых конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сехниашвили Э. А. Интегральная оценка качества и надежности предварительно напряженных конструкций.— М.: Наука, 1988.— 217 с.
2. Клевцов В. А. Основные направления совершенствования методов оценки состояния несущих железобетонных конструкций при реконструкции // Промышленное строительство, 1984, № 8, с. 28—29.
3. Методические рекомендации по классификации дефектов и повреждений в несущих железобетонных конструкциях промышленных зданий / Харьковский ПСНИИП, НИИЖБ.— Харьков, 1984.— 64 с.
4. Бобров А. В. Акустическая дефектоскопия бетона // Изготовление и контроль качества строительных конструкций: Сб. научн. тр. / НИИЖБ, НИИСК.— Москва, 1987, с. 68—75.
5. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений / НИИСК.— М.: Стройиздат, 1989.— 104 с.
6. Рекомендации по обеспечению надежности и долговечности железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений при их реконструкции и восстановлении / Харьковский ПСНИИП.— М.: Стройиздат, 1990.— 176 с.
7. Коршунов Д. А., Сидоренко М. В., Кураш Ю. И. Определение прочности бетона в конструкциях // Бюллетень строительной техники, 1990, № 7, с. 23—24.
8. Сидоренко М. В., Коршунов Д. А. Оценка прочности бетона в конструкциях // Бетон и железобетон, 1990, № 8, с. 10.
9. Ялов Г. Н., Сидоренко М. В., Коршунов Д. А. Експериментальне визначення напруги в бетоні конструкції // Будівництво України, 1993, № 2.
10. Витюк П. С., Глуховский В. П. Определение прочностных характеристик арматурной стали вихретоковым методом // Экономичное армирование железобетонных конструкций // Фрунзенский ПИ, НИИЖБ и др.— Фрунзе, 1990.— Т. 2, с. 38—42.
11. Jarosevic A., Nic M. Magnetoelasticky dinamometer a jeho aplikacie // Jnzenyrske stavby, 1988, N 5, s. 223—228.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 669.874.11

Ф. А. ИССЕРС, д-р техн. наук, проф., Н. И. ВЕРШИНИНА,
А. Б. ФУРМАНОВ, кандидаты техн. наук (НИИЖБ)

Преднапряженные конструкции из мелкозернистых бетонов на основе отходов Качканарского ГОКа

На горнообогатительных комбинатах (ГОК) ежегодно образуются миллионы тонн отходов, которые нарушают экологию регионов и требуют огромных площадей для отвалов. Например, ежегодные отходы мокрой магнитной сепарации (шлам) Качканарского ГОКа составляют более 20 млн. т и могут служить заполнителем бетона при производстве обычных и преднапряженных конструкций.

Однако проведенные ранее исследования показали, что при использовании шлама в качестве мелкозернистого заполнителя без дополнительного обогащения, требующего существенных капитальных затрат, не удается получать бетоны, пригодные для преднапряженных конструкций даже при значительном перерасходе цемента.

Решить эту проблему возможно за счет введения в бетонную смесь современных химических добавок — пластификаторов [1].

Шлам Качканарского ГОКа можно классифицировать как средний песок с модулем крупности 2,01, а бетоны на его основе — мелкозернистые группы "А". По химическому составу шлам не является реакционноспособным по отношению к щелочам вяжущего.

Физико-механические характеристики мелкозернистых бетонов исследовались на четырех составах (табл. 1).

Для получения равнопрочного бетона (состав 4) по сравнению с контрольным (состав 1) в смесь введен суперпластификатор С-3 в количестве 0,3 % массы вяжущего, что при лучшей удобоукладываемости позволило сократить расход цемента. Увеличение дозировки С-3 до 0,5 % при сохранении *В/Ц* и расхода вяжущего приводило к росту прочности в 1,4 раза (состав 3). Получение такой же прочности в составе 2 при использовании ЛСТ потребовало дополнительного расхода цемента.

Основные физико-механические характеристики бетонов (табл. 2) определяли по кубам с ребром 10 см и 15 см и призмам размером 10×10×40 см естественного твердения и подвергнутых термообработке по режиму 3+4+7+2 при температуре изотермы 80 °С.

При сравнении опытных и нормируемых характеристик бетонов учитывалось среднее значение коэффициента вариации 0,135, принятое в СНиП 2.03.01-84.

Испытаниями установлено, что в начальные сроки твердения прочность в непропаренных модифицированных бетонах нарастала медленнее, чем в бетонах без добавок. На 7-е сут прочность контрольного бетона была выше на 15 %, на 28-е сут — менее 5 %. В дальнейшем наблюдался опережающий рост прочности пластифицированных бетонов: $\frac{R_{240}}{R_{28}} = 1{,}26$, а в контрольном 1,16. Эти данные согласуются с результатами, полученными для пластифицированных бетонов в других работах, например в [2].

Тепловлажностная обработка позволяла уже на первые сутки получать прочность, равную 53—60 % от 28-суточной в зависимости от вида добавки. Масштабный коэффициент при переходе от прочности кубов с ребром 10 см к прочности стандартных кубов стабильно превышал единицу на 3—4 %. Введение СК3 не сказывалось на соотношение между призменной и кубиковой прочностями бетона для равнопрочных бетонов. Для всех составов коэффициент призменной прочности был выше 0,9. Образцы-призмы, как правило, разрушались хрупко с выкалыванием пирамиды в одной из опорных частей призмы и образованием сквозной трещины.

Прочность бетона на растяжение, рассчитанная по результатам испытаний кубов на раскол и призм на изгиб, больше в 1,5—1,8 раза нормативных сопротивлений мелкозернистого бетона группы "А". Коэффициент поперечных деформаций был выше установленного нормами значения и составлял 0,24—0,32.

Начальный модуль упругости для всех составов, независимо от условий и сроков твердения, превышал нормированный для данного бетона и численно совпадал с установленным для тяжелого бетона.

Развитие деформаций усадки и ползучести в качественном отношении происходило так же, как в обычных бетонах (рис. 1).

Пластифицирование бетонных смесей, уменьшавшее количество воды и цемента, снижало до 20 % деформации усадки. Увеличение содержания добавки (состав 3), приводившее к росту прочности, повышало усадку до 40 %. Тип добавки в равнопрочных составах не изменял величину усадки.

Тепловлажностная обработка снижала на 10—15 % усадочные деформации всех пластифицированных бетонов.

Опытные значения усадки мелкозернистых бетонов на шламе, независимо от условий твердения, превышали теоретические, определенные по ГОСТ 24544—81 для их двухкомпанентных аналогов на кварцевом песке: для контрольного состава на 20—25 %, а равнопрочного пластифицированного — до 10 %. При увеличении количества добавки и расхода цемента усадка выше теоретической в 1,4—1,6 раза.

Таблица 1

Номер состава	Расход материалов на 1 м³, кг			Вид добавки	Количество добавки, % от *Ц*	*В/Ц*	Осадка конуса, см	*R*, МПа
	цемент	шлам	вода					
1	580	1610	275	–	–	0,47	1,0	27,4
2	534	1675	267	ПСТ	0,15	0,50	2,0	36,5
3	479	1750	242	С-3	0,5	0,51	1,0	36,2
4	480	1730	254	С-3	0,3	0,53	3,5	26,2

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru
© Ф. А. Иссерс, Н. И. Вершинина, А. Б. Фурманов, 1993

Таблица 2

Определяемая характеристика	Вид твердения бетона	Бетоны составов														
		1			2				3				4			
		в возрасте, сут.														
		7	28	240	1	7	28	240	1	7	28	240	1	7	28	240
R, МПа	естественное	20,7	27,4	31,9	–	24,5	36,5	41,0	–	24,2	36,2	39,6	–	17,0	26,2	33,0
	ТВО	–	–	–	17,0	23,4	32,1	41,6	18,7	25,0	31,3	39,6	15,3	17,6	25,6	32,6
R_B, МПа	естественное	21,3	28,8	33,2	–	25,5	37,6	42,6	–	22,5	33,7	37,6	–	17,3	26,7	33,3
	ТВО	–	–	–	18,0	24,8	34,3	43,7	17,4	23,8	28,8	38,4	15,6	–	26,1	33,6
$E_в \cdot 10^{-3}$, МПа	естественное	23,6	28,6	30,1	–	25,6	31,7	33,0	–	25,5	31,0	33,3	–	23,5	30,0	32,4
	ТВО	–	–	–	21,0	23,4	27,8	29,5	20,5	23,2	27,2	29,2	20,1	–	26,4	29,1
ν	естественное	0,258	0,320	0,330	–	0,239	0,303	0,280	–	0,242	0,303	0,297	–	0,250	0,318	0,322
	ТВО	–	–	–	0,230	0,298	0,286	0,303	0,207	0,264	0,282	0,285	0,222	–	0,302	0,316
R_{Bt}, МПа	естественное	1,94	2,33	2,47	–	2,49	3,02	3,14	–	2,46	2,96	3,15	–	2,30	2,89	3,08
	ТВО	–	–	–	2,17	2,41	2,85	2,97	2,11	2,39	2,65	2,89	2,10	–	2,68	2,93

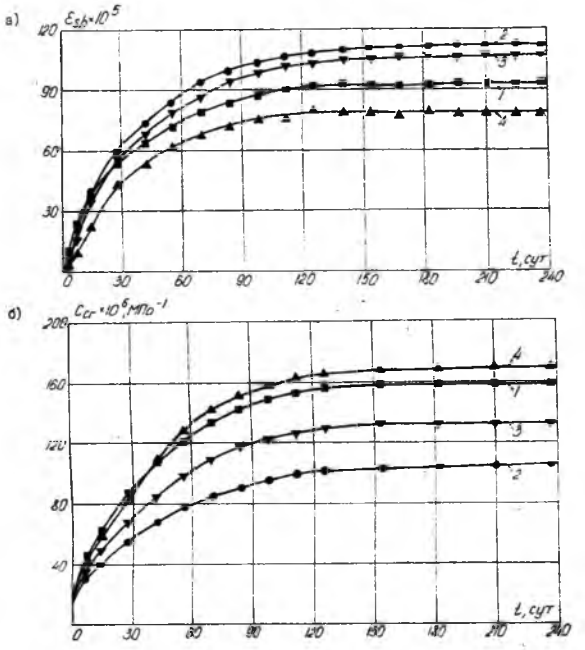


Рис. 1. Развитие деформаций усадки (а) и ползучести (б) бетонов естественного твердения.
1...4 – номера составов

Деформации ползучести контрольного и равнопрочного пластифицированного бетонов практически одинаковы (рис. 1б). Влияние пластифицирования на рост ползучести компенсировалось уменьшением в бетоне цементного камня. В бетоне большей прочности, с увеличенным содержанием С-3 и снижением $В/Ц$, деформации ползучести несколько меньше.

Термообработка не изменяла соотношения величин ползучести, хотя и вела к их снижению в 1,4 раза.

Опытные предельные значения удельной ползучести бетонов естественного твердения находились примерно на одном уровне с максимальными теоретическими для обычных мелкозернистых бетонов.

Особенности работы преднапряженных элементов изучали на двух типах опытных образцов.

Призмы (8 шт.) длиной 270 см и сечением 10×10 см с рабочей арматурой А-У диаметром 16 мм, расположенной по центру сечения, использовали для определения потерь предварительного напряжения арматуры и длины зоны передачи напряжений.

Балки прямоугольного сечения 14×24 см и длиной 230 см изготавливали для исследования прочности, жесткости и трещиностойкости изгибаемых преднапряженных элементов при кратковременном действии нагрузки. В двух балках с бетоном 3-го состава — рабочая арматура А-У $2\phi12$ мм ($\xi < \xi_R$), а в четырех других (2 и 3 составы) —$2\phi16$ мм ($\xi < \xi_R$). Конструктивная рабочая арматура — $4\phi8$ мм А-III, поперечная — $2\phi3$ мм Вр-1 с шагом 8 см.

Усилие натяжения в арматуре назначали из условия, чтобы уровень напряжений в бетоне образцов при обжатии составлял 0,5 $R_{вр}$. Отпуск напряжения арматуры на бетон осуществляли при прочности, равной 70 % его класса.

Призмы исследовали в процессе передачи усилия обжатия с арматуры на бетон и при последующей выдержке в течение 240 сут. Балки испытывали на изгиб двумя сосредоточенными силами, расположенными в третях пролета. Длина зоны передачи напряжений, определенная по деформациям бетона боковых граней элементов на уровне центра тяжести арматуры и по втягиванию арматуры при отпуске, для всех составов бетона совпадала с расчетной по СНиП 2.03.01–84 для мелкозернистого бетона группы "Б" и была на 15–20 % больше аналогичных значений для мелкозернистого бетона группы "А".

Потери предварительного напряжения от усадки бетона с момента распалубливания образцов до их обжатия, а также величину полных потерь от усадки и ползучести определяли по результатам испытаний призменных образцов. Потери от быстронатекающей ползуче-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

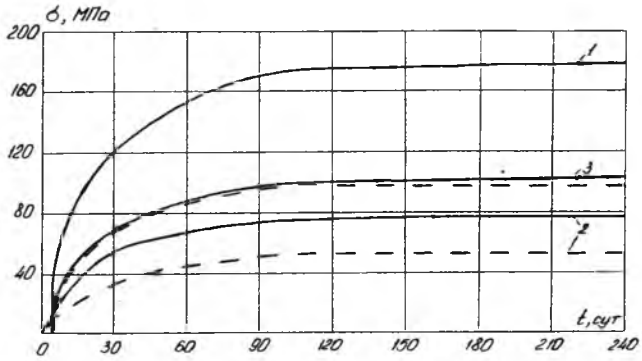


Рис. 2. Потери предварительного напряжения арматуры в элементах из бетона 3-го состава

1 – полные $\sigma_6 + \sigma_8 + \sigma_9$; *2* – от усадки σ_8; *3* – от ползучести $\sigma_6 + \sigma_9$, --- – по СНиП 2.03.01-84, ———— – опытные

сти вычисляли пропорционально деформациям призм аналогичных составов, загруженных в день отпуска арматуры.

Основная часть полных потерь проявлялась примерно к сотым суткам со дня изготовления. К этому времени их величина достигала 90 % их опытного предельного значения (рис. 2).

Потери от ползучести бетонов, в том числе быстронатекающей, не отличались более чем на 3–4 % от теоретических значений для мелкозернистого бетона группы "А". Для составов 2 и 3 потери от усадки превышали расчетные величины в 1,5 раза, что соответствует результатам, полученным при исследовании бетонных призм. Суммарные потери от усадки и ползучести не превышали расчетные на 20 %.

При испытаниях разрушение балок происходило от раздробления бетона сжатой зоны, предельный изгибающий момент не отличался от расчетного более чем на 4–8 %. Опытные моменты образования трещин на 3–5 % были меньше теоретических.

Процент армирования балок заметно влиял на характер развития трещин в процессе испытания. В элементах с $\xi < \xi_R$ трещины в зоне чистого изгиба развивались более интенсивно, их высота к моменту разрушения достигала 0,6 h, а расстояние между ними составляло 10–12 см. Балки с $\xi < \xi_R$ характеризовались более протяженной зоной трещинообразования с расположением трещин через 6–8 см.

Для всех балок формулы Норм достаточно хорошо оценивают опытную ширину раскрытия трещин при эксплуатационной нагрузке (разница составляет 5–7 %).

При анализе деформаций опытных балок установлено, что характер изменения ξ и ψ_B соответствовал теоретическому, принятому в Нормах. Величина ψ_B при испытаниях изменялась в пределах 0,85...0,95 и на уровне эксплуатационных нагрузок равнялась в среднем 0,91.

В стадии, близкой к разрушению, относительные деформации крайнего сжатого волокна составляли $(300...400)\cdot 10^{-5}$ в зависимости от прочности бетона и процента армирования.

Результаты исследований проверяли испытаниями дорожных плит, стоек опор ЛЭП и свай, изготовленных на Качканарском заводе ЖБИ из мелкозернистых пластифицированных бетонов на шламе. Испытания проводили по схемам, принятым для контрольных проверок типовых конструкций. Железобетонные конструкции, как обычные, так и предварительно напряженные, отвечали предъявленным к ним требованиям по прочности, жесткости и трещиностойкости; опытные значения этих параметров удовлетворительно совпадали расчетными по СНиП 2.03.01-84 при учете фактических характеристик бетона, полученных при экспериментальных исследованиях.

Выводы

Пластифицированные бетоны на необогащенном шламе Качканарского ГОКа возможно применять для производства массовых преднапряженных конструкций.

Расчет конструкций следует проводить по СНиП 2.03.01-84 с учетом фактических физико-технических свойств и деформативных характеристик бетонов.

Экономическая эффективность применения хвостов обогащения горнорудной промышленности основана на использовании местного сырья при одновременном решении экологической проблемы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны.– М.: Стройиздат, 1990 – 395 с.

2. Булгакова М. Г. Влияние суперпластифицирующих добавок на свойства бетона в конструкциях // Исследование и применение бетонов с суперпластификаторами.– М.: НИИЖБ, 1982.– С. 91–97.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 691.327:539.376

Е. Н. ЩЕРБАКОВ, д-р техн. наук, проф.,
С. С. АЖИДИНОВ, инж. (АО ЦНИИС)

Функция времени и напряжений для прогнозирования разрушения бетона под длительной нагрузкой

Выбор эффективной функции времени для описания длительных деформаций бетона все еще остается актуальной задачей в теории ползучести. В предложениях по этому вопросу нет недостатка [1—4]. Однако одним из важных обстоятельств, затрудняющих решение вопроса, является то, что практически ни одна из многочисленных математических моделей, предложенных для этих целей, все еще не получила надежного статистического обоснования при обработке достаточно представительных массивов опытных данных. Отсутствуют методики числовой оценки параметров многих из предложенных функций, равно как и сопоставимые данные о точности аппроксимации кривых ползучести на их основе, особенно в области напряжений высокого уровня.

Рассмотрим в этой связи достаточно общую математическую модель процесса ползучести бетона, предложенную одним из авторов [1],

$$C(t,\tau) = C(\infty,\tau)\left[1 - \frac{1}{\left\{1+m\left[\frac{1}{K}\left[1+\frac{\Delta t^{\,n}}{a^{\,n}}\right]-1\right]\right\}^{\frac{1}{m}}}\right], \qquad (1)$$

где $C(\infty, \tau)$ — предельное (при $\Delta t \to \infty$) значение удельных деформаций ползучести бетона; $C(t, \tau)$ — текущие значения этих деформаций, проявившихся за период времени наблюдения $\Delta t = t - \tau$ (τ — момент приложения постоянной нагрузки заданного уровня); a, K, n, m — числовые параметры.

Функция времени (1) в указанном общем виде содержит пять числовых параметров, включая $C(\infty, \tau)$, и полностью удовлетворяет всем физическим граничным условиям.

Модель (1) обобщает многие математические выражения спектра зависимостей такого рода и, соответственно, большое число существующих предложений, связанных с описанием процесса ползучести. Это доказано строго математически [1] и подтверждается данными таблицы, где представлены частные модификации функции (1).

Примечание: $a_1 = aK$; $K_1 = exp(1-1/K)$

Как следует из табл., при некоторых граничных значениях параметра m функция (1) трансформируется в хорошо известные зависимости либо экспоненциального (при $m = 0$), либо гиперболического вида (при $m = 1$). При значениях параметра $K < 1$ она предполагает наличие начального (при $\Delta t = 0$) вертикального отрезка в соответствии с предложением С. В. Александровского [2].

Обстоятельный статистический анализ опытных данных, проведенный в ЦНИИСе с таких более общих позиций, т. е. на основе функции (1) и ее частных модификаций, позволил установить следующее [1]:

использование функции времени в самой общей форме (с пятью параметрами) практически не целесообразно, поскольку резко усложняет вычислительные процедуры, не давая при этом ощутимых преимуществ по точности аппроксимации в сравнении с модификациями функции (1) при меньшем числе параметров;

достаточная для практических целей точность аппроксимации кривых ползучести обеспечивается функциями вида 2 и 3 (табл.), содержащими три параметра, причем гиперболический и экспоненциальный варианты примерно равноценны;

модификации функции вида 4 (табл.) с двумя параметрами, часто рекомендуемые для аппроксимации кривых ползучести, фактически мало пригодны для этой цели в силу устойчивой зависимости числовых значений этих параметров от длительности процесса.

Эти выводы обладают высокой надежностью, поскольку базируются на объективных статистических критериях по результатам обработки больших массивов экспериментальных дан-

Параметры n и K	Гиперболического вида ($m = 1$)	Экспоненциального вида ($m = 0$)
1 $n<1$, $K<1$	$= C(\infty,\tau)\left[(1-K)+K\frac{\Delta t^{\,n}}{a^{\,n}+\Delta t^{\,n}}\right]$	$= C(\infty,\tau)\left[1-K_1 e^{-\left[\frac{\Delta t}{a_1}\right]^n}\right]$
2 $n<1$, $K=1$	$= C(\infty,\tau)\frac{\Delta t^{\,n}}{a^{\,n}+\Delta t^{\,n}}$	$= C(\infty,\tau)\left[1-e^{-\left[\frac{\Delta t}{a_1}\right]^n}\right]$
3 $n=1$, $K<1$	$= C(\infty,\tau)\left[(1-K)+K\frac{\Delta t}{a+\Delta t}\right]$	$= C(\infty,\tau)\left[1-K_1 e^{-\left[\frac{\Delta t}{a_1}\right]}\right]$
4 $n=1$, $K=1$	$= C(\infty,\tau)\frac{\Delta t}{a+\Delta t}$	$= C(\infty,\tau)\left[1-e^{-\left[\frac{\Delta t}{a_1}\right]}\right]$

© Е. Н. Щербаков, С. С. Ажидинов, 1993

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

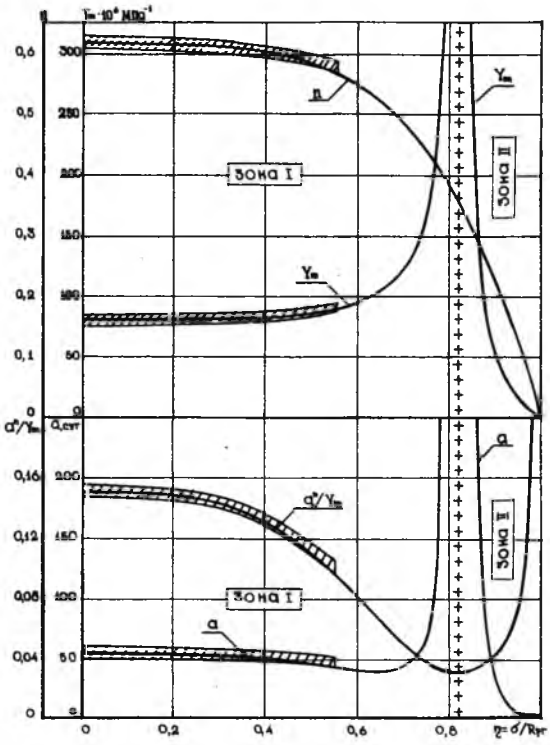


Рис. 1. Характер изменения параметров функции (2) в зависимости от уровня приложенных напряжений

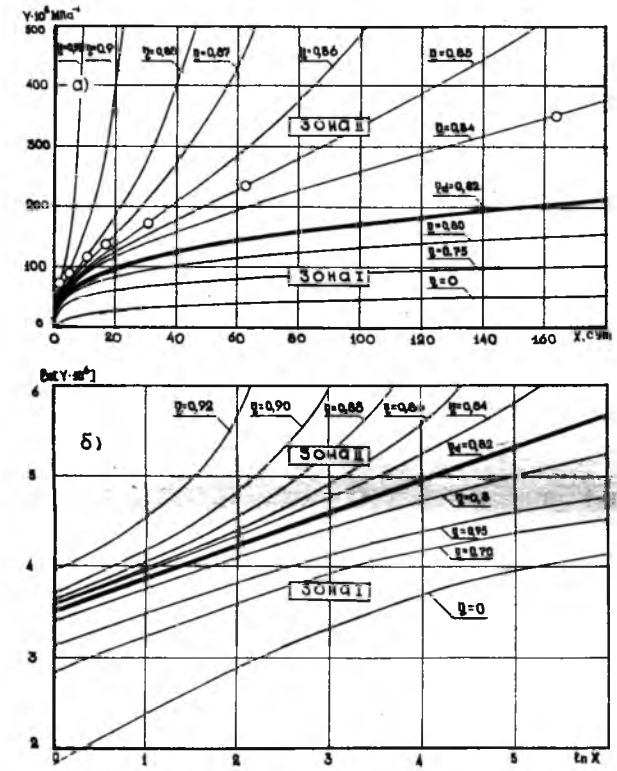


Рис. 2. Расчетное семейство кривых ползучести бетона согласно функции (2) в обычной (*а*) и логарифмической (*б*) системах координат (отмечены точки перегиба кривых в зоне II)

ных (более 600 опытных реализаций, выполненных разными авторами в течение последних 60 лет).

Исходя из результатов статистических исследований и имея в виду цели настоящей работы, предпочтение следует отдать гиперболической функции времени вида 2 (см. таблицу) с тремя числовыми параметрами. Для сокращения дальнейших выкладок запишем эту базовую функцию времени (1) в более компактной форме

$$Y = Y_m \frac{x^n}{a^n \pm x^n}, \qquad (2)$$

где в соответствии с исходной функцией (1) $Y = C_{(t,\tau)}$, $Y_m = C_{(\infty,\tau)}$, остальные обозначения, как в (1).

Функция (2) определена в диапазоне $0 \leqslant n \leqslant 1$. Граничные значения изменения данного параметра доказаны математически. Вне рамок указанной области функции (1) и (2) лишаются физического смысла.

Особенностью функции (2) является то свойство, что на ее основе возможно описать совершенно разные по характеру закономерности деформаций бетона под длительной нагрузкой, зависящие от уровня приложенных напряжений (см. рис. 1 и 2), а именно:

устойчивый характер деформирования (зона 1), выражающийся в монотонном уменьшении скорости деформаций по мере выдержки постоянной нагрузки и достижения ими некоторого предельного значения при $X \to \infty$ (затухающая ползучесть, умеренные уровни напряжений);

неустойчивый характер деформирования (зона II), приводящий к лавинообразному нарастанию деформаций за время выдержки постоянной нагрузки и, как следствие, к исчерпанию длительной прочности материала (незатухающая ползучесть, высокие уровни напряжений).

Указанные особенности длительных деформаций бетона под длительной нагрузкой в принципе известны в теории железобетона, но их математическое описание на основе единой функции времени получено впервые.

Проанализируем с этих позиций математические возможности базовой функции (2).

В работе [1] реализован специальный математический прием, с помощью которого по результатам измерения деформаций ползучести в любой конкретной опытной реализации удается количественно оценить независимо друг от друга все числовые параметры функции (2). Оценки получены в аналитической форме и имеют вид

$$n = \frac{2\ln\left[\dfrac{Y_N}{Y_1}\cdot\dfrac{Y_S - Y_1}{Y_N - Y_S}\right]}{\ln X_N - \ln X_1} \qquad (3)$$

$$Y_m = Y_S \times$$

$$\times \frac{Y_N(Y_S - Y_1) - Y_1(Y_N - Y_S)}{Y_S^2 - Y_1 \cdot Y_N} \qquad (4)$$

$$a^n = X_S \times$$

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

$$\times \frac{(Y_N - Y_S)(Y_S - Y_1)}{Y_S^2 - Y_1 \cdot Y_N}, \quad (5)$$

где X_1 и X_N — время наблюдения $X = \Delta t$, соответствующее первому (X_1) и последнему (X_N) измерениям деформаций в пределах временного ряда данной опытной реализации $X_1 \ldots X_N$ ($i = 1 \ldots N$); Y_1 и Y_N — значения меры ползучести $Y = C(t, \tau)$, определенные в те же моменты наблюдения X_1 и X_N; Y_S — средневзвешенная статистическая оценка меры ползучести, отвечающая некоторому промежуточному времени наблюдения

$$X_S = \sqrt{X_1 \cdot X_N}.$$

Методика оценки числовых параметров функции (2) по выражениям (3), (4) и (5), в том числе с применением компьютерных средств [1], всесторонне апробирована в ЦНИИСе и регламентирована на этой основе Изменением № 1 ГОСТ 24544–81. Установлено, что функция (2) обеспечивает высокую точность аппроксимации результатов многих сотен опытных реализаций независимо от свойств бетона и конкретных условий испытания.

В исследованиях [1] получено, что в области умеренных уровней напряжений, не превышающих $\eta = \sigma/R_p \cong 0{,}5$, все параметры функции (2) могут быть нормированы с высокой надежностью; при этом параметр Y_m нелинейно возрастает с ростом уровня приложенных напряжений, параметр a^n уменьшается по величине. Третий параметр функции n в указанной области остается относительно стабильным при средней оценке его значения $n = 0{,}62$.

Однако эти выводы, надежные для указанной области напряжений, не дают оснований для экстраполяционных оценок в область более высоких уровней напряжений, поскольку необходимый для этого экспериментальный материал чрезвычайно ограничен по объему. Рассмотрим поэтому потенциальные возможности базовой функции (2) в более широком диапазоне приложенных напряжений.

Исходя из выражений (3) — (5), можно доказать, что при некотором значении параметра n в (2)

$$O < \frac{\ln Y_N / Y_1}{\ln X_N / X_1} < 1 \quad (6)$$

функция (2) претерпевает разрыв, при котором параметры Y_m и a^n стремятся к бесконечности (+ и −) в окрестностях указанной границы. Именно это предопределяет наличие двух знаков в знаменателе базовой функции (1). Положительное значение соответствует зоне I, отрицательное — зоне II.

Аналитическая зависимость, разделяющая эти зоны, представляется хорошо известной в теории ползучести степенной функцией времени (из класса параболических) в виде

$$Y = B \cdot X^{\bar{n}}, \quad (7)$$

где $B = \frac{Y_m}{a^n} = \frac{Y_S}{(X_S)^n} =$

$$= \frac{\sqrt{Y_1 \cdot Y_N}}{(\sqrt{X_1 \cdot X_N})^{\bar{n}}} \; [\bar{n} \text{ согласно (6)}]$$

Зависимость (7), математически вытекающая из функции (2), имеет принципиальное значение для решения поставленной задачи.

Она означает что под постоянной нагрузкой неограниченное нарастание деформаций ползучести проявляется в течении неограниченного времени выдержки этой нагрузки. В физическом смысле эта граница может быть интерпретирована только как предел длительной прочности бетона ниже которого (при $n > \bar{n}$) деформации проявляются в зоне I и описываются функцией (2) со знаком (+), а выше ее (при $n < \bar{n}$) — той же функцией, но со знаком (−). Данный вывод, сделанный в работе (1), открывает возможности для прогнозирования на основе функции (2) процессов деформаций и разрушения бетона в широком диапазоне уровней приложенных напряжений. В частности в зоне II параметр a в функции (2) представляет время до разрушения бетона под длительной нагрузкой.

Графики на рис. 1 показывают закономерности изменения параметров функции времени (2) во всем диапазоне ее применимости по уровню напряжений. Видно, что при $\eta \leqslant 0{,}5$ значения этих параметров хорошо согласуются со среднестатистическими оценками (заштрихованные области на рис. 1). Выше этих уровней характер изменения параметров функции обусловлен наличием двух зон деформирования (показаны на рисунке) и соответствующими граничными условиями.

Результаты, представленные на рис. 1, позволяют построить расчетным путем семейство кривых ползучести бетона при изменении уровней приложенных напряжений в самом широком диапазоне. Для этого функция (2) представлена в виде

$$Y = \pm\, Y_m^0 [1 + F(\eta)] \frac{X^n}{a^n \pm X^n}, \quad (8)$$

где $F(\eta) = \eta^3 \frac{1 - \eta_d}{\eta_d - \eta}$;

Y_m^0 — мера линейной ползучести бетона (при $\eta \to 0$), не зависящая от относительного уровня напряжений η; η_d — относительный предел длительной прочности бетона.

Все остальные параметры в уравнении (8), включая функцию $F(\eta)$, приняты в точном соответствии с графиками рис. 1 с учетом заданного уровня напряжений η. Знаки "+" и "−" в (8) фиксируют принадлежность кривых ползучести к I или II зоне деформирования.

Семейство расчетных кривых на рис. 2*а* (в обычной системе координат "деформации — время наблюдения") отчетливо отражает известный характер деформирования бетона в обеих зонах I и II. Разделительная кривая на рис. 2*а* определяет расчетную границу между указанными зонами и построена по выражению (7) при $\eta = \eta_d$. Обращают на себя внимание специфические признаки кривых ползучести как в зоне I (установление кажущейся параллельности кривых ползучести после некоторого периода выдержки нагрузки), так и в зоне II (наличие точек перегиба на этих кривых).

На рис. 2*б* то же семейство кривых представлено в двойной логарифмической системе координат. Граничная кривая по (7) в данном случае представляется в виде прямой, разделяющей зоны деформирования I и II. Именно эта особенность функции (2) и предопределяет ее широкие возможности для эф-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

фективного прогноза длительной прочности бетона по результатам испытаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щербаков Е. Н. Физические и феноменологические основы прогнозирования механических свойств бетона для расчетов железобетонных конструкций. Автореф. дисс. ... докт. техн. наук – М.: 1987, 48 с.
2. Арутюнян Н. Х., Александровский С. В. Современное состояние развития теории ползучести бетона.– В сб.: Ползучесть и усадка бетона и железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1976, с. 5–96.
3. Прокопович И. Е., Зедгенидзе В. А. Прикладная теория ползучести.– М.: Стройиздат, 1980.– 240 с.
4. Щербаков Е. Н. Аппроксимация и прогнозирование кривых ползучести при постоянных напряжениях сжатия.– В сб.: Проблемы ползучести и усадки бетона, М.: ЦНИИС, 1974, с. 68–78.

НИИЖБ ПРЕДЛАГАЕТ:

Химически стойкие «теплые» плиты для полов сельскохозяйственных зданий

Разработаны составы легких полимербетонов, содержащие в определенных соотношениях заполнители и наполнители (природные — вулканические шлаки и искусственные — азеритовый, керамзитовый гравий или перлитовый песок) либо пористые материалы, а также связующее — синтетические смолы (фурфуролацетоновую, полиэфирную, карбамидную с соответствующими отвердителями).

Такие полимербетоны можно использовать для изготовления химически стойких одно- и двухслойных плит, применяемых для устройства теплых полов в животноводческих зданиях.

Для изготовления плит можно, в основном, использовать стандартное оборудование заводов ЖБИ.

Разработан «Технологический регламент на выпуск плит из легких полимербетонов», нормативы по технологии полимербетонов, технические условия на плиты. НИИЖБ оказывает научно-техническую помощь по налаживанию производства плит и по использованию местных материалов для их производства.

При внедрении новых разработок НИИЖБ оказывает научно-техническую помощь на основе хозяйственных договоров и консультативную помощь с оплатой работ по гарантийным письмам.

Редакционная коллегия: В. И. Агаджанов, Ю. М. Баженов, В. Г. Батраков, Н. Л. Биевец, В. М. Бондаренко, Ю. Г. Вострокнутов, В. В. Гранев, В. Г. Довжик, Ф. А. Иссерс, Б. И. Кормилицын, Р. Л. Маилян, К. В. Михайлов, Т. М. Пецольд, С. И. Полтавцев, В. А. Рахманов, И. Ф. Руденко, Р. Л. Серых (главный редактор), В. М. Силин, В. М. Скубко, Ю. Г. Хаютин, А. А. Шлыков (зам. главного редактора), Е. Н. Щербаков

Технический редактор Ю. Л. Циханкова Корректор Н. А. Шатерникова

Сдано в набор 26.10.93. Подписано в печать 23.11.93. Формат 60×90 1/8. Печать офсетная. Бумага книжно-журнальная. Усл. печ. л. 3,92. Усл. кр.-отт. 4,92. Уч.-изд. л. 5,6. Тираж 2668 экз. Заказ 1156

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

Набрано на ордена Трудового Красного Знамени Чеховском полиграфическом комбинате Министерства печати и информации Российской Федерации
142300, г. Чехов, Московской обл.
Отпечатано в Подольском филиале
142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ «ЖЕЛЕЗОБЕТОН»

(зарегистрирована в Минюсте России 9 июня 1993 г. № 1760)

ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫЙ БИЛЕТ И ПРОГРАММА

Конференции Межрегиональной Ассоциации «Железобетон»

(22—24 февраля 1994 г., г. Москва)

Спонсоры конференции:

- **НИИЖБ Госстроя России,**
- **Фонд помощи строительному делу и прогрессивным начинаниям,**
- **Ассоциация «Стройпрогресс»,**
- **Московский Государственный строительный университет**

Москва, 1994 г.

Уважаемые коллеги!

22—24 февраля 1994 г. состоится Конференция Межрегиональной Ассоциации «Железобетон» по проблеме материалоемкости технологичности и долговечности железобетона. Конференция состоится в НИИЖБ Госстроя России (109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., 6, проезд: м. «Рязанский проспект», далее — авт. 169, 143, 29, тролл. 63 до остановки «Институт бетона»).

Заседания будут проходить в корпусе коррозии, 4 этаж, конференц-зал. Начала заседаний — 10 час.

Регистрация 22 и 23 февраля 1994 г. с 9^{00} час.

Телефоны для справок: (095) 174-88-91, 174-85-87.

Гостиница и билеты (железнодорожные, авиационные) обеспечиваются самими участниками.

Регистрационный взнос — 1,5 тыс. рублей.

Члены Ассоциации и докладчики освобождаются от уплаты взноса за участие в конференции.

Оргкомитет

ОРГКОМИТЕТ

МИХАЙЛОВ КОНСТАНТИН ВАСИЛЬЕВИЧ — председатель Оргкомитета,

СЕРЫХ РОМАН ЛЕОНИДОВИЧ — зам. председателя Оргкомитета,

МАМЕДОВ ТОФИК ИМИДОВИЧ — зам. председателя Оргкомитета,

МАРКАРОВ НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ — ученый секретарь Оргкомитета,

ДЕНИСОВ ГЕННАДИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ — член Оргкомитета,

ЗАБЕГАЕВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ — член Оргкомитета,

ВОЛКОВ ЮРИЙ СЕРГЕЕВИЧ — член Оргкомитета.

ПРОГРАММА

конференции Ассоциации «Железобетон»
22-24 февраля 1994 г., г. Москва,
НИИЖБ, конференц-зал)
22 февраля 1994 г., 10 час.

1. **Задачи и структура Ассоциации «Железобетон».**

   проф., д. т. н. МИХАЙЛОВ К. В.

2. **Утверждение руководящих органов Ассоциации «Железобетон».**
3. **Основные задачи государственной научно-технической программы «Стройпрогресс».**

   к. т. н. ДЕНИСОВ Г. А.

4. **Информация о государственной программе «Жилище».**

   чл.-корр. ВОСТРОКНУТОВ Ю. Г.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

5. Информация о деятельности Российской Академии архитектуры и строительных наук.

действительный член Академии
проф., д. т. и. БОНДАРЕНКО В. М.

6. Проблемы подготовки и переподготовки инженерных кадров в области бетона и железобетона.

д. т. н. ЗАБЕГАЕВ А. В.

7. Международные организации по бетону и железобетону ФИП, ЕКБ, РИЛЕМ и участие в их работе отечественных специалистов.

проф., д. т. н. СЕРЫХ Р. Л.
к. т. н. МАМЕДОВ Т. И.
проф., д. т. н. КРЫЛОВ Б. А.

8. О журнале «Бетон и железобетон».

главный редактор,
проф., д. т. и. СЕРЫХ Р. Л.

ДОКЛАДЫ

по проблеме материалоемкости, технологичности и долговечности железобетона

Регламент: для докладов — 20 мин.,
для сообщений — 10 мин

Экологические аспекты развития вяжущих и бетонов.

проф., д. т. н. МАЛИНИНА Л. А.

Технология железобетона будущего.

проф., д. т. н. КРЫЛОВ Б. А.

Современное состояние развития теории железобетона.

действительный член Академии
архитектуры и строительных наук
проф., д. т. н. КАРПЕНКО Н. И.

Создание единых норм проектирования железобетонных конструкций.

проф., д. т. н. ЗАЛЕСОВ А. С.

23 февраля 1994 г., 10 час.

Высокопрочный бетон в зарубежном строительстве.

к. т. н. ВОЛКОВ Ю. С.

Производство напрягающего цемента и области его применения.

к. т. и. ЗВЕЗДОВ А. И.

Разработка и применение новых видов арматуры.

проф., д. т. н. МАДАТЯН С. А.

Проблема долговечности железобетонных конструкций.

к. т. н. СТЕПАНОВА В. Ф.

Конструкции из легких бетонов для зданий различного назначения.

проф., д. т. н. ЧИНЕНКОВ Ю. В.

Прогнозирование поведения железобетонных конструкций при суровых климатических условиях.

проф., д. т. н. АЛМАЗОВ В. О.

Классификация и оценка повреждения железобетонных конструкций инженерных сооружений.

доц., к. т. н. ПУХОНТО Л. М.

Ячеистый бетон в малоэтажном строительстве.

к. т. н. УХОВА Т. А.

Использование преднапряженных конструкций с натяжением арматуры на бетон при строительстве жилых зданий (в т. ч. коттеджей).

проф., д. т. н. МАРКАРОВ Н. А.

Применение ВИВ в преднапряженных конструкциях.

проф., д. т. н. ИССЕРС Ф. А.

СООБЩЕНИЯ

Способ локального предварительного напряжения изгибаемых железобетонных элементов.

проф., д. т. н. ШАГИН А. Л.
инж. Р. МОХАМЕД

Совершенствование решетчатых преднапряженных балок покрытий.

к. т. и. ГАБРУСЕНКО В. В.

Совершенствование преднапряженных железобетонных изделий безрулонной кровли.

доц., к. т. н. ЮРИНА Т. В.

Сталежелезобетонные балки с обычной и преднапряженной листовой арматурой.

проф., д. т. н. КЛИМЕНКО Ф. Е.
доц., к. т. н. БАРАБАШ В. М.

Сборно-монолитные конструкции с использованием напрягающего бетона в построечных условиях.

к. т. н. ТУР В. В.
доц., к. т. и. БУДЮК В. Д.

Влияние температурных воздействий на оболочку покрытия.

проф., к. т. и. МАКСИМОВ Ю. В.
ЕРМАКОВА А. В.
ГЛУШЕНКОВА В. А.

Приемочный контроль типовых железобетонных конструкций по показателям надежности.

к. т. н. САМАРИН Ю. А.

Повышение долговечности опорных участков преднапряженных конструкций.

доц., к. т. н. МАМОНТОВ Ю. А.

Обсуждение докладов и сообщений
Принятие решения

24 февраля 1994 г.

Предусматривается ознакомление с достижениями иностранных компаний, работающих в области строительства («ПАРТЕК» и др.).

ISSN 0005—9889. Бетон и железобетон. — 1993. — № 12. — 1—32 Индекс 70050

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru