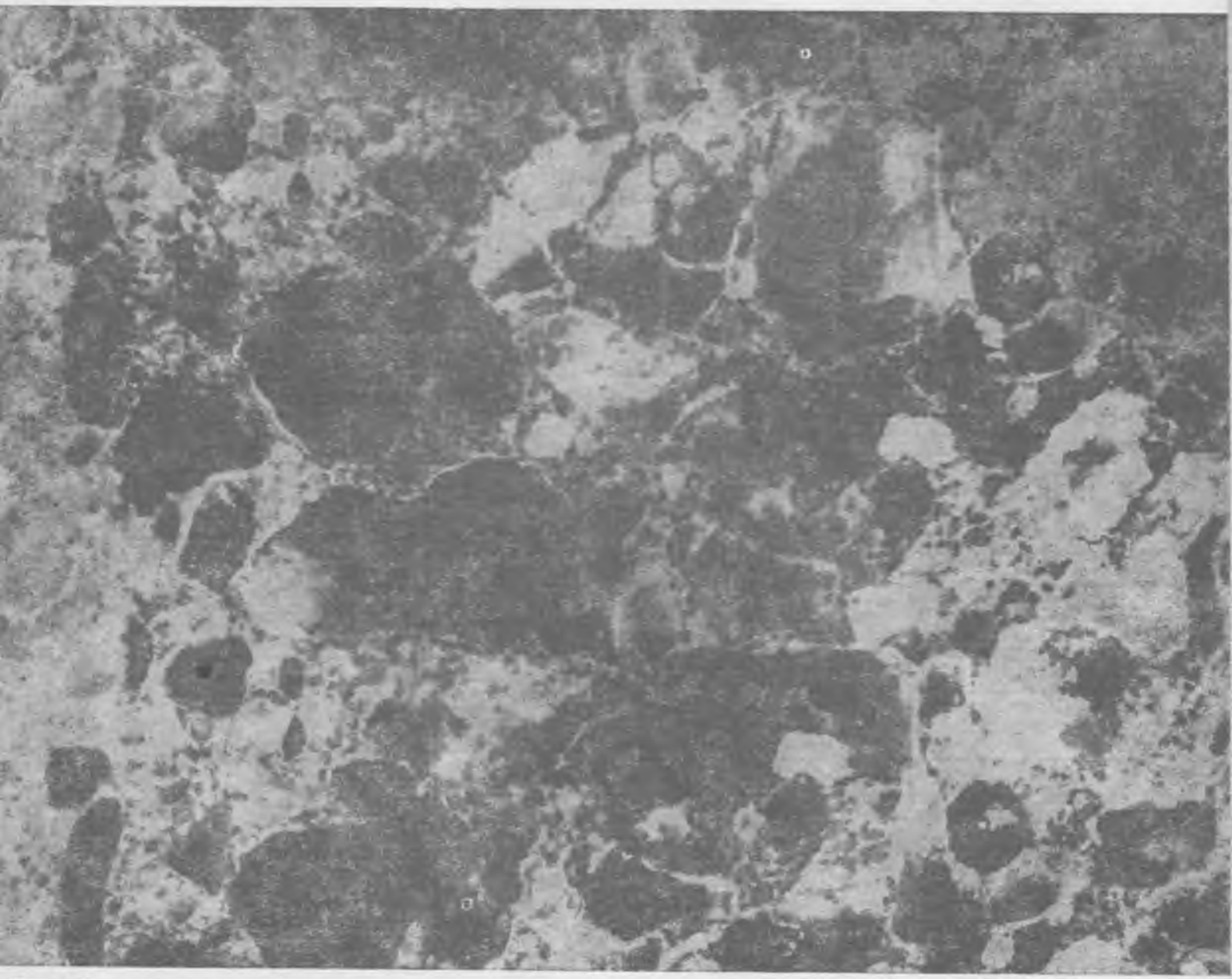
ISSN 0005-9889

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

11
1985



Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ДА ЗДРАВСТВУЕТ 68-я ГОДОВЩИНА ВЕЛИКОЙ ОКТЯБРЬСКОЙ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ!

ВДНХ СССР

Новое оборудование для формования железобетонных изделий

На ВДНХ СССР в павильоне «Строительство» представлено новое оборудование для изготовления железобетонных изделий, разработанное предприятиями Главмоспромстройматериалов.

Для формования и термообработки наружных стеновых панелей с эффективным утеплителем широкой номенклатуры предназначена стендовая установка.

Формуемое изделие может иметь максимальные размеры 5980×2500×350 мм. Установка стационарная. Она состоит из поддона, подъемной рамы, двух телескопических гидроцилиндров и десяти регулируемых резиновых опор.

Поддон представляет собой металлическую форму с тремя откидными и одним стационарным бортами. Он снабжен системой электрического прогрева верхнего листа по заданной программе. Снизу к поддону крепятся пять вибраторов ИВ-22 общей мощностью 4 кВт, обеспечивающих уплотнение бетонной массы при формовании изделия. Кроме того, поддон снабжен стационарными и подвижными разделителями, обеспечивающими формование изделий широкой номенклатуры. В исходном положении поддон свободно лежит на десяти резиновых опорах, благодаря чему обеспечиваются хорошая вибрация, а следовательно, и уплотнение бетона.

Для снятия готового изделия после термообработки открываются откидные борта. Снизу к поддону с помощью двух гидроцилиндров подводится подвижная рама, и вся система поворачивается на 60°. В таком положении система фиксируется специальными упорами, а изделие снимается мостовым краном и транспортируется на склад готовой продукции. Масса установки 8500 кг.

Пять стендовых установок изготовлены Опытным механическим заводом Главмоспромстройматериалов и эксплуатируются на Андроновском филиале завода ЖБИ № 11. Производительность установки 18 000 м² изделий в год. Годовой экономический эффект составил 33 тыс. р.

СКТБ Главмоспромстройматериалов (107066, Москва, Спартаковская ул., д. 2а) и заводом ЖБИ № 11 (111524, Москва, ул. Плеханова, д. 9) разработана универсальная переналаживаемая форма-вагонетка для формования железобетонных стен жесткости высотой 3; 3,3; 3,6 м.

Форма-вагонетка имеет откидные продольные торцевые борта с углом открывания 30°. Она снабжена переставными заглушками, вкладышами, кессонами, консолеобразователями и съемными рамками. Ее габаритные размеры 6725×4000×680 мм. Общая масса формуемых изделий составляет 8300 кг, масса самой формы-вагонетки — 8600 кг.

С помощью формы-вагонетки можно изготовлять изделия 16 типоразмеров (марок). Ее конструкция предусматривает быструю переналадку путем установки или съема заглушек, кессонов, вкладышей, консолеобразователей и съемных рамок. Она является частью конвейерной линии и состоит из поддона сварной конструкции, продольных и торцевых бортов, сменных элементов для переналадки и скатов. Поддон сварной конструкции выполнен в виде плоской рамы из швеллеров и лицевого листа с заглублениями под консоли железобетонного изделия. Установку переналаживаемых элементов в форме-вагонетке производят на постах ее подготовки непосредственно на конвейерной линии. Сменные элементы фиксируют сухарями, клиньями, кулачковыми и болтовыми соединениями. Продольные борта соединены с поддоном шарнирами, торцевые борта — стационарные. Можно формовать изделия бесконсольные, с одной или двумя консолями, с дверными проемами в разных местах и без них.

Применение различных вариантов переналадки позволяет увеличить возможности формующего оборудования, в 2,5—3 раза уменьшить парк форм-вагонеток, а следовательно, снизить затраты труда и металла на их изготовление. С 1983 г. 36 форм-вагонеток успешно эксплуатируются на заводе ЖБИ № 11. Годовой экономический эффект составил 315 тыс. р. Формы-вагонетки изготовляет Опытный механический завод Главмоспромстройматериалов (127411, Москва, Дмитровское шоссе, д. 157).

СКТБ Главмоспромстройматериалов разработано также формующее оборудование по изготовлению пустотных настилов типа НВ-58-12, представляющее собой агрегатно-поточную линию, в состав которой входят беззамковые формы с полунемедленной распалубкой.

Изделия изготовляют следующим образом. Форму автозахватом устанавливают на горизонтальный конвейер подготовки, где последовательно ее чистят и смазывают, укладывают в нее сетки и преднапряженную арматуру. Подготовленную форму автозахватом устанавливают на формовочный пост.

Пустотные настилы формуют на виброплощадке АПГ-02 с помощью бетоноукладчика, имеющего формовочную рамку и каретку с пустотообразователями. Форма состоит из поддона, с которым шарнирно соединены продольные борта.

Фиксация продольных бортов и образование торцевых поверхностей изделия осуществляются формовочной рамкой, установленной на посту формования бетоноукладчиком. Затем бетонную смесь укладывают, распределяют и разравнивают

(Окончание см. 3-ю стр. обложки)

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ИЗДАЕТСЯ с апреля 1955 г.

Содержание

Навстречу XXVII съезду КПСС

На передовых рубежах 2

Экономия ресурсов

Гендин В. Я., Лагойда А. В., Кузьмин В. К. Снижение энергозатрат при электротермообработке с добавкой (ПАЩ-1)+НК 3

Конструкции

Мартемьянов А. И., Ширин В. В. Восстановление и усиление крупнопанельных зданий после землетрясений 4

Мацелинский Р. Н., Спаннут Л. С. Висячая железобетонная оболочка на прямоугольном плане 7

Бетоны

Высоцкий С. А. Влияние расхода шлака, условий и режима твердения на свойства шлакощелочных бетонов 9

В помощь проектировщику

Маркаров Н. А., Ибрагимов А. М. Трещиностойкость и прочность изгибаемых элементов с пониженной передаточной прочностью бетона 12

Гуща Ю. П., Лемыш Л. Л. Расчет деформаций конструкций на всех стадиях при кратковременном и длительном нагружениях 13

Булыгин Ю. П., Корытов С. Г. Автоматизированное проектирование железобетонных плит 16

Паньшин Л. Л. Диаграмма момент — кривизна при изгибе и внецентренном сжатии 18

В помощь заводским лабораториям

Ройфе В. С., Тухарели К. Д. Неразрушающий контроль влажности бетона в изделиях с отделочным слоем 20

Использование промышленных отходов

Сеськин И. Е. Свойства виброгидропрессованного бетона на щебне из фосфорного шлака 22

Долговечность

Иванова О. С., Ярлушкина С. Х., Миронов С. А., Журавлева Л. Е. Морозостойкость бетона на высокоалюминатных портландцементах с добавками 24

Теория

Зайцев Ю. В., Кондращенко В. И., Грекова Т. Л. Применение в технологических исследованиях структурно-имитационного моделирования процессов разрушения бетона 26

В Госстрое СССР

Богословский В. А. Об обеспечении заполнителями производства бетона 28

Информация

Довжик В. Г., Савин В. И. Пути развития производства и применение легких бетонов и конструкций 29

Симонов М. З. Читательская конференция в Ереване 31

11

(368)
ноябрь 1985

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
МОСКВА

ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТНАЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА

© Стройиздат, 1985

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

На передовых рубежах

Социалистическое соревнование за достойную встречу XXVII съезда КПСС, развернувшееся на строительных площадках Московской области, нацелено на ударное завершение одиннадцатой пятилетки и обеспечение успешного старта двенадцатой пятилетки. Главная цель этого массового движения состоит в том, чтобы сосредоточить внимание и усилия на нерешенных вопросах и, развивая, всемерно распространяя инициативу и опыт передовиков, наращивать темпы производства и прийти к концу года с наивысшими результатами.

За восемь месяцев, по сравнению с таким же периодом прошлого года, ввод основных фондов в капитальном строительстве по Подмосковью увеличился на 11%, в жилищном строительстве на 27%. Полностью используются лимиты капитальных вложений на реконструкции Храпуновского инструментального завода и Подольского механического завода им. Калинина. Успешно перевыполняются плановые задания строительно-монтажных работ на шести объектах первостепенной важности.

У коллективов основной подрядной организации Московской области — Главмособлстроя стало правилом сдавать все запланированные к вводу школы к началу нового учебного года и только с высоким качеством. В этом году строители успешно справились с принятыми обязательствами. Строители трестов Особстрой № 2, Мособлстрой № 1, 7, 21, производственного строительно-монтажного объединения № 9 с оценкой «отлично» сдали в эксплуатацию школы в поселках Октябрьский Люберецкого, Зеленый Ногинского, на станции Силикатная Подольского, в совхозе «Коробовский» Шатурского районов, в городе Электроугли. Всего по области сдано 20 школ на 19,96 тыс. учащихся.

Неплохо потрудились строители и на других участках, в том числе на возведении жилых зданий. За 8 месяцев в городах, поселках и селах области сдано в эксплуатацию жилых домов общей площадью более 900 тыс. м^2.

На стройках агропромышленного комплекса выполнено строительно-монтажных работ на сумму 268 млн. р. Сданы помещения для крупного рогатого скота на 8,1 тыс. голов, кормоцехи на приготовление 556 т продукции в сутки, птичники на 33 тыс. кур. В числе введенных в строй — производственные мощности и объекты на Чеховском заводе энергетического машиностроения, Коломенском тепловозостроительном заводе, Истринском комбинате хлебопродуктов и др.

Всего за счет использования государственных капитальных вложений с начала года введены в действие основные фонды на сумму 731,2 млн. р.

Один из важных резервов ускорения темпов строительных работ — улучшение управления производством. Это подтверждает опыт деятельности трестов Мособлсельстрой № 18 и Особстрой № 2, где умело используют преимущества бригадного и коллективного подряда, новую управленческую структуру, в основе которой — хозяйственные советы.

Славной страницей вошло в летопись Страны Советов стахановское движение. Оно ярко воплотило в себе огромные созидательные возможности социализма, революционный, новаторский дух рабочего класса. Традиции героев первых пятилеток достойно развивают их наследники — передовики и новаторы производства, стремящиеся в ответ на призыв партии осуществить такой же массовый, но гораздо в больших масштабах трудовой порыв в сфере интенсификации народного хозяйства, ускорения научно-технического прогресса.

Нашему времени, как отмечал в своей речи на встрече в ЦК КПСС с ветеранами стахановского движения, передовиками и новаторами производства М. С. Горбачев, особенно сродни неукротимый дух новаторства стахановцев-первопроходцев. Во всем быть верными им последователями стараются строители бригады СМУ-6 треста Мособлстрой № 5, которую возглавляет Герой Социалистического Труда, депутат Верховного Совета РСФСР В. С. Митин. Вот уже третью пятилетку подряд коллектив этой бригады выполняет досрочно. В одиннадцатой пятилетке коллектив бригады возвел корпуса пионерского лагеря, два 14-этажных жилых дома, общежитие и бассейн.

На совещании в ЦК КПСС по вопросам научно-технического прогресса, состоявшемся в июне, подчеркивалось, что главный упор должен быть сделан на техническое перевооружение предприятий, экономию ресурсов, обеспечение резкого повышения качества продукции. Именно на такой путь развития стали коллективы Дмитровского экспериментального комбината арболитовых конструкций и изделий, Тучковского и Орехово-Зуевского ДСК, Ново-Иерусалимского кирпичного завода, Жуковского ДСК.

Долгие годы задают на Жуковском ДСК тон ударничеству, новаторству ветераны предприятия бригадир маляров А. С. Трунькина, оператор цеха А. Д. Голева, формовщица А. И. Девяткина, монтажник Д. И. Козлов. По итогам социалистического соревнования за восемь месяцев в лидеры на комбинате вышли две бригады формовщиков, которые возглавляют А. С. Ладник и Г. М. Слепов. К дню открытия XXVII съезда КПСС домостроители комбината обязались сдать в эксплуатацию в Жуковском 14-этажный жилой дом с улучшенной планировкой квартир.

Одним из главных пунктов социалистических обязательств по достойной встрече XXVII съезда партии, принятых коллективом Жуковского ДСК, является экономия материальных и топливно-энергетических ресурсов. Здесь составлены и своевременно внедряются конкретные организационно-технические мероприятия по бережному расходованию всех материалов. На заводе комбината действует постоянная комиссия по строгому учету и контролю за расходованием тепла и электроэнергии, созданы и успешно функционируют общественные посты экономии, активно работают народные контролеры. Социалистическое соревнование на комбинате стало могучим рычагом в распространении передовых методов труда, мобилизации всех звеньев строительного конвейера на полное использование резервов экономического и социального роста.

Важным требованием сегодняшнего дня является сокращение сроков и повышение эффективности строительства. В Главмособлстрое разработан целый комплекс организационно-технических мероприятий, которым предусмотрено сокращение незавершенного строительства, достижение оптимального баланса трудовых и материально-технических ресурсов. В этих мероприятиях учтены вопросы планирования и финансирования объектов, улучшения проектной документации.

Особое место в комплексе разработанных мероприятий занимают вопросы производственно-технологической комплектации строящихся объектов. Большую работу в этом направлении проводят тресты Мособлстройкомплект и Мособлстройкомплектконструкция. В трестах внедряется новая система подготовки графиков комплектации строительных площадок на основе унифицированной нормативно-технологической документации (УНТД) и контроля с применением ЭВМ (АСУС). Графики АСУС позволяют комплектовать объекты в строгом соответствии с технологическими процессами. Так, в настоящее время при реконструкции действующих предприятий монтаж ведется блок-комплектами.

В 1985 г. многие подразделения Главмособлстроя перешли на самую прогрессивную форму организации труда — коллективный подряд. Как показывает практика, в бригадах, ПМК и в тресте Мособлсельстрой № 18, где начали работать с применением системы «Компас», успешно решена проблема доставки и бережного использования основных строительных материалов.

Достигнутые передовыми коллективами области успехи являются надежной основой для реализации плановых заданий последнего года одиннадцатой пятилетки и дополнительных социалистических обязательств по достойной встрече XXVII съезда КПСС. Лучших показателей в работе добиваются в тех коллективах, где умело используют все имеющиеся резервы, своевременно осуществляют реконструкцию предприятий без сокращения объемов производства, модернизацию технологических линий и внедряют прогрессивное оборудование.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 666.97.035.51

В. Я. ГЕНДИН, канд. техн. наук (МИСИ), А. В. ЛАГОЙДА, канд. техн. наук (НИИЖБ), В. К. КУЗЬМИН, инж. (ЦНИИОМТП)

Снижение энергозатрат при электротермообработке бетона с добавкой (ПАЩ-I)+НК

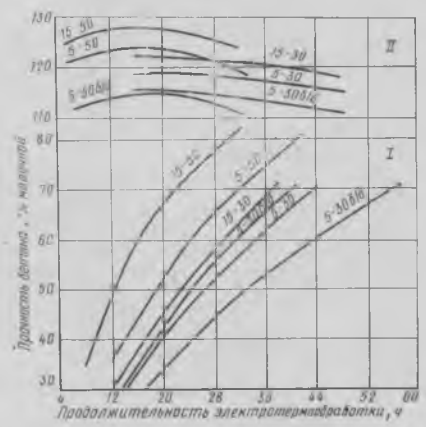
Актуальной задачей возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций в настоящее время является сокращение затрат энергии. Она может быть решена различными путями и средствами, в том числе и за счет введения в состав бетонной смеси химических добавок.

К долговечности бетона монолитных конструкций в большинстве случаев предъявляются повышенные требования. Учитывая это обстоятельство, в выполненных в ЦНИИОМТП исследованиях по электропрогреву бетона использовали комплексную добавку (ПАЩ-1)+НК[1]. Как показали исследования пропариваемых бетонов [1], добавка эта кроме уменьшения энергозатрат приводит к существенному повышению морозостойкости (на 2—4 марки).

В опытах по электропрогреву бетона принимали 0,32% (ПАЩ-1)+0,04% НК массы цемента. Бетонную смесь с добавкой и без нее готовили подвижностью 5—6 см О. К. Начальное водосодержание смеси с добавкой составляло 164 кг/м³, без добавки — 188 кг/м³, водоцементное отношение — соответственно 0,54 и 0,58. Для приготовления бетонных смесей использовали порландцемент марки 400 Брянского завода.

Образцы-кубы с ребром 100 мм прогревали в специальных утепленных формах с применением пластинчатых электродов. Верхнюю их поверхность укрывали полимерной пленкой. Предварительно бетон выдерживали в течение 0,5 ч.

Электропрогрев осуществляли при скорости подъема температуры 5 и 15° С/ч, температуре изотермического прогрева 30 и 50°С, суммарной продолжительности активной электротермообработки — от 8 до 60 ч. Прочность при сжатии прогретых образцов показана на рисунке. При одинаковых температурах изотермического прогрева суммарная продолжительность электротермообработки для достижения некоторой доли марочной прочности при введении добавки снижается на 20—25%. Например, при скорости подъема температуры 5°С/ч и температуре изотермического прогрева 50°С прочность, равная 40% марочной, достигается в бетонах без добавки и с добавкой соответственно за 19 и 14 ч, 70% марочной — соответственно за 41 и 32 ч.



Прочность при сжатии бетона с добавкой (ПАЩ-1)+НК при разных температурных режимах электропрогрева

I — после прогрева; *II* — через 28 сут последующего после прогрева хранения в нормальных условиях. Цифры на кривых — скорость подъема температуры и температура изотермического прогрева

С использованием полученных экспериментальных данных о влиянии на прочность бетона с добавкой и без нее скорости подъема температуры, температуры изотермического прогрева и продолжительности изотермического прогрева составлены уравнения регрессии, представляющие собой математические модели процесса набора прочности бетонами. С их использованием определена суммарная продолжительность активной электротермообработки бетонов до приобретения ими прочности 40 и 70% марочной при температурах изотермического прогрева 40, 60, 70 и 80°С. Как известно, для конструкций с $M_п = 10$ и более прочность в процессе остывания не учитывается из-за быстрого понижения температуры по окончании прогрева, режимы электротермообработки принимают те же, как для образцов-кубов.

По методике [2], используя приведенные в ней величины требуемой удельной мощности для прогрева бетона с начальной температурой 5°С со скоростью подъема температуры 15°С/ч, в опалубке из досок толщиной 40 мм при температуре наружного воздуха —20°С определяли затраты электроэнергии на тепловую обработку до достижения бетоном 40 и 70% марочной прочности.

Для сопоставления рассмотрен прогрев немассивных конструкций с модулем поверхности 15, быстро остывающих на морозе, в связи с чем, как указано выше, приобретаемую бетоном

Заданная прочность бетона, % марочной	Температура изотермического прогрева, °С	Продолжительность, ч	Требуемая мощность, кВт/м³	Расход электроэнергии, кВт/м³	Снижение энергозатрат при введении добавки, %
Без добавки					
40	80	5/2	15,2/5,4	76,2/10,8	—
	70	4,3/4	14,7/4,0	63,3/19,4	—
	60	3,7/6,5	14,1/4,3	52,4/28,1	—
	50	3/10	13,6/3,8	40,9/37,8	—
70	80	5/12	15,2/5,4	76,2/64,8	—
	70	4,3/16,5	14,7/4,9	63,3/79,9	—
	60	3,7/22,5	14,2/4,3	52,4/110,2	—
	50	3/38,5	13,6/3,8	40,9/145,5	—
С добавкой					
40	70	4,3/2	14,7/4,9	63,3/9,7	20
	60	3,7/4	14,2/4,3	52,4/17,3	21
	50	3/6	13,6/3,8	40,9/22,7	22
	40	2,3/9,7	13,1/3,2	30,1/31,4	22
	30	1,7/15	12,6/2,7	21,3/39,5	22
70	70	4,3/12	14,7/4,9	63,3/58,3	14
	60	3,7/16	14,2/4,3	52,4/69,1	18
	50	3/19	13,6/3,8	40,9/70,8	23
	40	2,7/25	13,1/3,2	30,1/71,8	39
	30	1,7/35	12,5/2,7	21,3/94,5	36

Примечание. Перед чертой — в период подъема температуры, после черты — в период изотермического прогрева.

[1] А. с. № 773001. Комплексная добавка в бетонную смесь. А. В. Лагойда, Т. П. Белоусова, Б. А. Крылова и др. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1980, № 39.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

прочность в процессе остывания можно не учитывать. Расчетные величины энергозатрат приведены в таблице.

Как видно из таблицы, введение добавки позволяет снизить расход электроэнергии на термообработку бетона на 14 ... 39% при одинаковой продолжительности активной тепловой обработки. При прогреве бетона до 40% марочной прочности экономия энергии практически не зависит от температуры прогрева, при прогреве до 70% экономия энергии обратно пропорциональна температуре прогрева бетона с добавкой. Интересно, что наименее энергоемкие режимы прогрева бетона без добавок для принятого нами модуля поверхности 15 и достижении 70% марочной прочности имеют место при температуре изотермического прогрева 80°С, это отмечалось ранее [3]. При тех же условиях для бетона с добавкой наименьший расход электроэнергии отмечается при температуре прогрева 40 ... 50°С.

Это обусловлено тем, что положительное влияние добавок-ускорителей особенно заметно проявляется на ранних этапах твердения бетона, а также при понижении температуры его выдерживания.

Продолжительность электротермообработки бетонов с добавкой и без нее при скорости подъема температуры 15°С/ч в 1,3 ... 1,85 раз меньше, чем при скорости 5°С/ч при одной и той же температуре изотермического прогрева. При указанном снижении скорости подъема температуры энергозатраты возрастают в 1,05 и 1,3 раза. Таким образом, энергетически более выгодны режимы электротермообработки бетона со скоростью 15°С/ч, чем со скоростью 5°С/ч. Следует учитывать, что расход электроэнергии примерно пропорционален скорости подъема температуры. Поэтому поднимать температуру бетона со скоростью 15°С/ч в условиях строительных площадок не всегда возможно. Для массивных конструкций подъем температуры допускается со скоростью не более 5°С/ч, поэтому такая величина принимается в практике зимнего бетонирования чаще, чем более высокие. Расчеты показывают, что и при скорости подъема температуры 5°С/ч при одинаковой продолжительности прогрева бетонов с добавкой энергозатраты на 24—38% ниже, чем бетонов без добавки.

Таким образом, исследования показали, что введение в бетон комплексной добавки (ПАЩ-1)+НК позволяет на 20—25% сократить продолжительность электротермообработки либо снизить расход электроэнергии на 14—39%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лагойда А. В., Королев Н. А. Введение добавок — путь к сокращению энергозатрат. — Бетон и железобетон, 1982, № 3.
2. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера. — М.: Стройиздат, 1982.
3. Гендин В. Я., Кузьмин В. К. Малоэнергоемкие режимы электротермообработки бетона. — Бетон и железобетон, 1984, № 5.

Конструкции

УДК 69.057.12-413.004.67

А. И. МАРТЕМЬЯНОВ, д-р техн. наук (Госстрой СССР), В. В. ШИРИН, инж. (ТашЗНИИЭП)

Восстановление и усиление крупнопанельных зданий после землетрясений

Воздействие землетрясений на здания и сооружения зависит от повторяемости и интенсивности сейсмического воздействия, наличия антисейсмической защиты и износа здания. Повторяемость землетрясений интенсивностью ниже нормированного значения, но ощутимых для здания, например 7—8-балльных в 9-балльной зоне и 6—7-балльных в 8-балльной зоне, в некоторых сейсмических районах страны довольно существенна. По данным ТашЗНИИЭП, физический износ крупнопанельных зданий в Среднеазиатском регионе к концу срока их службы увеличивается в 9-балльной зоне по сравнению с обычными условиями эксплуатации на 26, 19, 11 и 7,5% соответственно для зданий без антисейсмических мероприятий и с расчетной сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов.

После землетрясения интенсивностью 7 баллов прямые затраты на восстановление и усиление крупнопанельных зданий составляют 3—5%, после 9-балльного землетрясения они возрастают от 6 до 35% сметной стоимости соответственно для зданий с антисейсмическим усилением и без него.

Таким образом, решение проблемы надежности крупнопанельных зданий, особенно в районах с возросшей сейсмической активностью, как, например, в Газли, приобретает большое значение.

Накопленный опыт восстановительных работ при ликвидации последствий сильных землетрясений и недостаточный объем статистических данных, характеризующих надежность несущих элементов зданий, и данных о повторяемости воздействий, пока не позволяют определить необходимую степень восстановления зданий, поврежденных землетрясениями.

В результате двух землетрясений в апреле и мае 1976 г. в Газли 12% крупнопанельных домов обрушились, 56% получили сильные повреждения, 32% умеренные, в то время как 80% кирпичных зданий частично обрушилось, а остальные получили тяжелые повреждения.

В связи с отсутствием к тому времени экспериментально проверенных способов восстановления и усиления крупнопанельных домов в сейсмических районах все крупнопанельные жилые дома в Газли были признаны непригодными к дальнейшей эксплуатации, а проведение ремонтно-восстановительных работ на них нецелесообразным.

ТбилЗНИИЭПом и ТашЗНИИЭПом на примере двухэтажных крупнопанельных домов в Газли был проведен комплекс исследований, который позволил обеспечить ввод их в эксплуатацию. Для этого был разработан специальный метод и технология усиления крупнопанельных зданий без антисейсмического усиления с внутренними стенами из тяжелого бетона и наружными из керамзитобетона (рис. 1).

Способ восстановления несущей способности панелей предусматривал инъецирование в трещины полимерраствора на основе эпоксидных смол, а усиление вертикальных и горизонтальных стыковых соединений панелей — устройство

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

полимеррастворных армированных шпонок (ПАШ)* в количестве, необходимом для восприятия расчетных усилий.

ПАШ представляет собой полость на поверхности стыкуемых изделий, заполненную полимерраствором с армированием в виде одного стержня диаметром 10—14 мм, сечение и длина которого определяются расчетом.

Этому предшествовали экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния шпоночного соединения ПАШ, характера его повреждения при разрушающих нагрузках и особенностей совместной работы с соединяемыми конструкциями.

Испытывали на сдвиг фрагменты трех серий стыковых соединений крупнопанельных зданий в натуральную величину. Образцы имели Н-образную форму, а соединительные элементы отличались марками и видами бетона, имитируя все типы стыковых соединений панельных домов в Газли (I и III серии). Образцами II серии из бетона марки М 300 оценивали влияние марки бетона на несущую способность стыкового соединения.

Схема испытаний приведена на рис. 2, а результаты испытаний — в таблице.

Серия	№ образца, марка	Разрушающая нагрузка одного ПАШ	% нагрузки от разрушающей при появлении первой трещины в образце	Напряжения в арматуре ПАШ, % предела текучести
I	0—1	4,8	60	85
	0—2	4,4	71	90
	0—3	5,0	57	89
II	0—4	5,4	62	95
	0—5	5,8	65	97
	0—6	5,8	70	97
III	0—7	3,4	51	60
	0—8	3,5	53	58
	0—9	3,3	50	57

Анализ результатов испытаний показал, что несущая способность ПАШ зависит от сечения и длины шпонки, процента армирования, марки бетона соединяемых конструкций и обеспечивает их надежную работу вплоть до полного разрушения связи.

Первая трещина в образцах появилась в растянутой зоне соединения по контуру шпонки при нагрузках 0,5—0,65 $P_{разр}$. С увеличением нагрузки до 0,75$P_{разр}$ образовывались наклонные трещины в центральной зоне шпонки, а затем в панелях вблизи шпонки с затуханием по мере удаления от стыка. В образцах I и II серии на этой стадии наблюдались

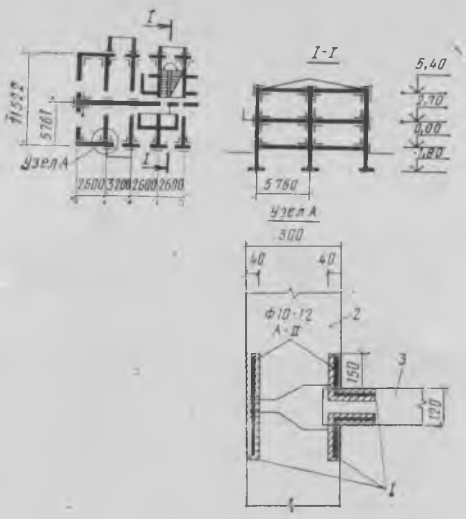


Рис. 1. Схема двухэтажного жилого крупнопанельного дома в Газли с расстановкой ПАШ

1 — полимеррастворные армированные соединения ПАШ; *2* — панели наружных стен; *3* — панели внутренней стены

наклонные трещины в среднем элементе, что свидетельствует о совместной работе соединяемых конструкций вплоть до разрушения.

Разрушение стыковых соединений образцов всех серий носило хрупкий характер и происходило при повреждении сжатой зоны бетона (I и II серии) или в результате окалывания бетона вокруг шпонок соединяемых элементов из легкого бетона (III серия). Напряжения в арматуре при этом достигали в среднем 87, 96 и 57% предела текучести соответственно для образцов I, II и III серии.

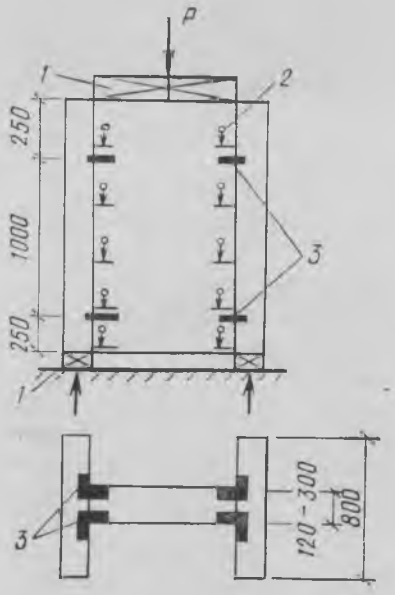


Рис. 2. Схема испытания фрагментов стыковых соединений и расстановки измерительных приборов

1 — жесткие опоры; *2* — индикаторы часового типа; *3* — полимеррастворные армированные шпонки (ПАШ)

На рис. 3 приведены кривые деформирования фрагментов стыковых соединений и типовых вертикальных и горизонтальных стыков, принятых для крупнопанельных зданий в сейсмических районах по «Рекомендациям по расчету крупнопанельных зданий на сейсмические воздействия с учетом развития неупругих деформаций» (ТашЗНИИЭП, 1983 г.). В упругой стадии работа ПАШ не отличается от работы других стыковых соединений, принятых для сейсмических районов, но хрупкий характер разрушения ограничивает их пределы. Коэффициент пластичности горизонтального стыка с жестким выпуском в 3,5 раза превышает аналогичные значения образцов I серии со стыками ПАШ, а коэф-

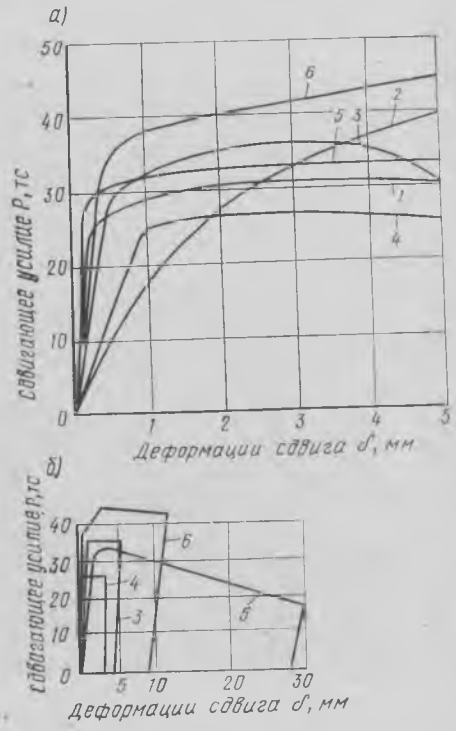


Рис. 3. Диаграммы деформирования стыковых соединений, принятых в сейсмостойких крупнопанельных зданиях [5] (*а*) и устроенных с помощью ПАШ (*б*)

1 — горизонтальный шпоночный стык; *2* — вертикальный шпоночный стык; *3* — ПАШ серии I; *4* — ПАШ серии III; *5* — горизонтальный стык, принятый по Общесоюзному каталогу; *6* — ПАШ серии II

фициент податливости — примерно в 2 раза. Однако коэффициент податливости полимеррастворного соединения превышает минимально допустимые для конструкций, применяемых в сейсмических районах. Увеличение марки бетона, соединяемых ПАШ конструкций, повышает несущую способность стыка, увеличивает зоны неупругого деформирования и энергоемкости соединения.

Несмотря на то, что предельные де-

* № 802474. Устройство для усиления стыковых соединений крупнопанельных зданий. А. И. Мартемьянов, Э. П. Александрян, Д. А. Цикаридзе. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки. 1981. № 5.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

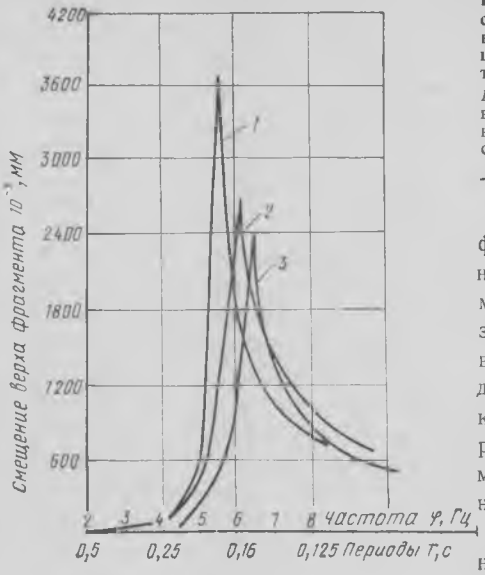


Рис. 4. Амплитудно-частотный резонансный спектр смещений верха фрагмента крупнопанельного здания в Газли по данным вибрационных испытаний в процессе ремонтно-восстановительных работ

1 — до начала работ; *2* — после частичного восстановления панелей и усиления ПАШ вертикальных стыков; *3* — после полного восстановления и усиления фрагмента

формации фрагментов стыковых соединений (3; 5,5 и 12 мм) значительно меньше полученных для типового горизонтального стыка (30 мм), они удовлетворяют требованиям, предъявляемым к деформативности стыковых соединений крупнопанельных зданий в сейсмических районах, которые по указанным рекомендациям ТашЗНИИЭПа должны быть не менее 0,8...1,2 мм.

Сейсмостойкость крупнопанельных зданий со стыковыми соединениями ПАШ проверяли также натурными испытаниями при динамических воздействиях на фрагменте здания и непосредственно на здании в Газли. Испытания проводили в процессе ремонтно-восстановительных работ для оценки эффективности восстановления и усиления отдельных элементов панелей стен и перекрытий, вертикальных и горизонтальных стыков с помощью ПАШ. Здание и фрагмент испытывали путем прямого и обратного прохождения резонансных колебаний в диапазоне частот 2—10 Гц. Возбуждающая сила при этом менялась от 0,5 до 7 т.

По данным осциллограмм были построены амплитудно-частотные спектры в уровнях: грунт, междуэтажные перекрытия, покрытие. Спектры смещения верха фрагмента на различных этапах испытания при близких уровнях загружения (рис. 4) указывают на уменьшение резонансных периодов и снижение общей деформативности объекта по мере проведения ремонтно-восстановительных работ.

После восстановления фрагмента период его собственных колебаний уменьшился на 17%, смещение верха по сравнению с первоначальным (после землетрясения 1976 г.) уменьшилось примерно в 2 раза, деформации сдвига и растяжения в горизонтальных швах первого этажа снизились в 3—4 раза, а жесткость объекта по данным вибрационных испытаний увеличилась на 63%.

К моменту землетрясения 1984 г. девять жилых двухэтажных 22-квартирных дома были усилены и заселены, на трех из них проводили ремонтно-восстановительные работы. Фактический экономический эффект от введения в эксплуатацию усиленных домов по сравнению с новым строительством составил более 1 млн. р.

Землетрясение в марте 1984 г. с магнитудой 7,2 проявилось на территории Газли силой свыше 8 баллов и послужило естественной проверкой эффективности разработанного способа восстановления крупнопанельных зданий. Обследование повреждений в усиленных зданиях показало, что ни в одном из них не наблюдалось существенных подвижек конструкций перекрытия относительно стен, а также взаимного смещения стеновых панелей. В то время как в зданиях, только подготавливаемых к ремонтно-восстановительным работам, характерным видом повреждений было обрушение отдельных панелей стен, перекрытий. На рис. 5 показаны усиленное с помощью ПАШ (на переднем плане) и неусиленное (на втором плане) крупнопанельные здания после землетрясения

Рис. 5. Общий вид усиленного и неусиленного жилых крупнопанельных домов в Газли после землетрясения 1984 г.

Рис. 6. Вид соединения ПАШ панелей покрытия II этажа усиленного панельного дома в Газли после землетрясения 1984 г.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

1984 г. Основными видами повреждений усиленных зданий явились наклонные трещины в стеновых панелях и трещины в зоне шпоночного соединения (рис. 6). Повреждения в элементах крупнопанельных стен и стыковых соединениях аналогичны полученным при испытаниях фрагментов.

Анализ состояния усиленных крупнопанельных зданий показал, что в результате землетрясения только 20% соединений ПАШ получили повреждения, требующие их замены. Основная доля поврежденных шпонок приходится на горизонтальный шов между цокольной панелью и стеновыми панелями первого этажа. Одной из причин такого повреждения является отсутствие третьей шпонки со стороны подпольного пространства (см. рис. 1), в связи с чем нижний горизонтальный стык первого этажа оказался ослабленным.

Характер трещинообразования в стеновых панелях указывает на концентрацию напряжений в зоне ПАШ и на необходимость разработки способов, обеспечивающих более равномерное распределение связей в швах. Такими мероприятиями могут быть увеличение числа шпонок с уменьшением их сечения и армирования, оклейка стыка стеклотканью на эпоксидном клее и др. Повреждения стеновых панелей наблюдались в основном в наружных стенах из керамзитобетона в виде наклонных трещин от шпонок к углам проемов.

Полученные повреждения легко устранимы, и уже в первые месяцы после землетрясения были повторно восстановлены и сданы в эксплуатацию пять крупнопанельных зданий, остальные находятся в стадии завершения.

Таким образом, впервые получена суммарная проверка способа восстановления крупнопанельных зданий с помощью инъецирования полимеррастворов в трещины панелей и усиления связей путем устройства ПАШ в результате испытаний не только на образцах при статическом нагружении, на натурных фрагментах и на зданиях при динамических воздействиях, но и при землетрясении высокой интенсивности.

Применение этого способа восстановления и усиления позволило продлить долговечность крупнопанельных зданий без антисейсмических мероприятий, возводимых в Газли до 1976 г., обеспечить безопасность проживания в них людей при землетрясении силой более 8 баллов, провести экономически оправданное повторное восстановление и обеспечить ввод в эксплуатацию крупнопанельных жилых домов после землетрясения 1984 г.

Предложенный способ восстановления и усиления крупнопанельных зданий отвечает показателям надежности и рекомендуется для ремонтно-восстановительных работ при ликвидации последствий сильных землетрясений.

УДК 624.074.4

Р. Н. МАЦЕЛИНСКИЙ, д-р техн. наук, Л. С. СПАННУТ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Висячая железобетонная оболочка на прямоугольном плане

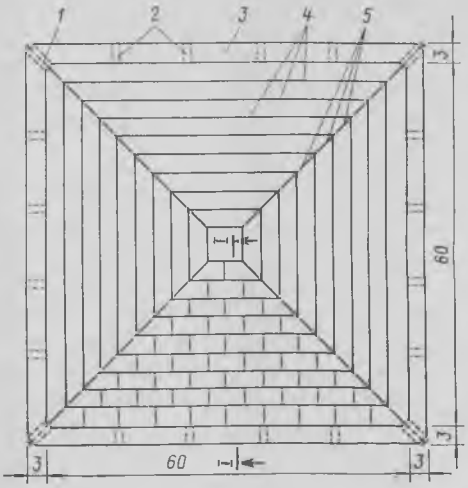
В последние годы в нашей стране и за рубежом возрос интерес к применению в покрытиях различных зданий и сооружений висячих оболочек, выполненных из металла и железобетона. Сооружено значительное число вантовых покрытий разнообразных форм для спортивных и зрелищных сооружений, имеются примеры использования висячих оболочек в покрытиях гаражей и автобусных парков. Главное преимущество висячих оболочек заключается в наиболее полном использовании прочностных свойств материалов: металлические конструктивные элементы работают, как правило, на растяжение, а железобетонные — на сжатие. В тех случаях, когда удается уменьшить или полностью исключить изгибающие моменты в железобетонной оболочке и опорном контуре и обеспечить общую устойчивость покрытия в целом, висячие оболочки позволяют перекрывать большие пролеты без промежуточных опор с высокой эффективностью по всем основным показателям — материалоемкости, трудоемкости и стоимости. В связи с этим наибольшее распространение получили висячие оболочки на круглом, эллиптическом и овальном плане. Примерами таких оболочек могут служить круглое покрытие спорткомплекса в Ленинграде диаметром 160 м, эллиптическое покрытие выставочного зала в Оклахома-Сити (США) с размером большей оси 122 м, овальное покрытие концертной эстрады в Таллине с максимальным размером 75 м.

В висячих покрытиях на прямоугольном, квадратном и многоугольном плане наиболее сложной технической задачей является обеспечение безмоментной работы опорного контура. Среди многих известных решений этой задачи следует отметить разработанные в НИИЖБе висячие оболочки полигонально-вантового типа*, простые в изготовлении и монтаже, надежные при вертикальных и горизонтальных воздействиях и эффективные по материалоемкости и стоимости.

Несущей основой конструкции служит гибкая металлическая полигонально-вантовая сеть с безмоментным опорным железобетонным контуром, опирающимся на колонны. Элементы покрытия могут быть железобетонными, стальными, деревянными, алюминиевыми или иметь комплексную конструкцию. Железобетонные плиты после замоноличивания швов образуют вместе с вантовой сетью висячую железобетонную оболочку. Конструктивная система большепролетных покрытий полигонально-вантового типа включает рациональную схему расположения гибких вант и их крепления между собой и к опорному контуру, а так-

* А. с. № 151460. Висячее покрытие. Р. Н. Мацелинский, Н. И. Катин, А. Н. Стульчиков. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1966, № 23.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru



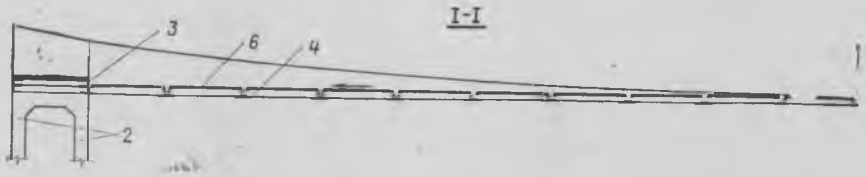


Рис. 1. План и разрез висячего железобетонного покрытия (плиты покрытия условно показаны в одном квадранте)

1 — угловые парные колонны; *2* — промежуточные колонны; *3* — опорный железобетонный контур; *4* — контурные ванты; *5* — угловые ванты; *6* — плиты покрытия

же прогрессивный метод возведения вантовой сети и покрытия в целом.

В связи с этим появились технические решения, отличающиеся отдельными конструктивными признаками. Так, были предложены металлическая висячая оболочка в виде мембраны** и железобетонная висячая оболочка***.

В новом висячем покрытии вместо стальных канатов контурные и угловые ванты представляют собой стальные полосы из высокопрочной легированной стали (например, марки 10ХСНД); вместо концевых анкеров из стального литья предлагаются простые фасонки из листовой стали той же прочности, что и сталь вант. Соединение как контурных, так и угловых вант предусмотрено сваркой, что позволяет изготовлять ванты необходимой длины и регулировать их длину в процессе монтажа.

Для простоты приведем конструктивное решение покрытия, квадратного в плане, размером 66×66 м (рис. 1). Железобетонный контур опирается на угловые и промежуточные колонны. Контурные ванты параллельны опорному контуру и образуют несколько замкнутых стальных контуров. Величины стрелок провеса контурных вант при проектировании обычно выбирают такими, чтобы обеспечить уклоны от середины покрытия к его краям для создания наилучших условий для организации водоотвода с покрытия. Во всех контурных вантах создаются равные усилия; при этом одинаковыми, но различные по величине становятся и усилия в угловых вантах. Угол каждого стального контура соединен с угловой вантой, другой конец которой закреплен в углу опорного контура. Угловые ванты располагаются одна над другой, при этом ниже всех находятся самые длинные угловые ванты, соединенные с самым дальним от опорного контуром. На рис. 2 и 3 показаны узлы сопряжения контурных вант с угловыми и крепления угловых вант к опорному контуру. Концевые фасонки приварены к угловым вантам в заводских условиях. К фасонке с помощью болтов прикрепляют во время монтажа подкладки, после чего приваривают контурные ванты. В фасонках предусмотрено отверстие для крепления ее болтов к нижележащей угловой ванте, что повышает надежность вантовой сети. Фасонки опираются на клиновые подкладки и передают усилия с вантовой сети на опорный железобетонный контур. Для регулировки длины вант служит клиновая вставка (см. рис. 2). С помощью такой вставки и сварных швов, расположенных под углом 45° к оси ванты, можно добиваться высокой точности при изготовлении вант в заводских условиях и регулировки их длины во время монтажа.

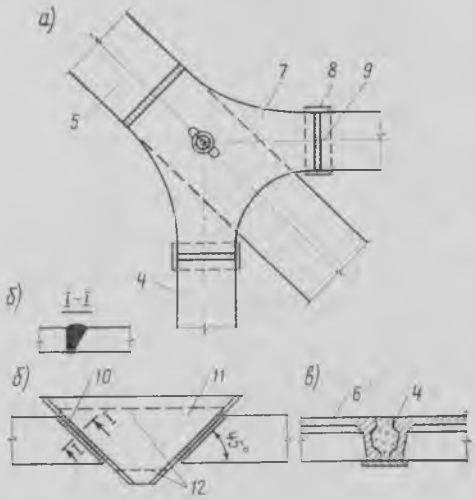


Рис. 2. Узлы соединения конструктивных элементов железобетонной висячей оболочки

а — угловых и контурных вант; *б* — вант по длине; *в* — плит покрытия с вантами; *4—6* — см. по рис. 1; *7* — фасонка; *8* — подкладка; *9* — монтажный шов; *10* — заводской шов; *11* — клиновая вставка; *12* — линии реза после сварки

Крепление железобетонных плит покрытия к контурным и угловым вантам показано на рис. 2. Плиты расположены на вантах сверху и крепятся к ним с помощью болтов, сварки или их сочетания. Плиты покрытия выполняют всего двух типоразмеров — трапециевидные, расположенные вдоль угловых вант, и прямоугольные. Прямоугольные плиты в приведенном на рис. 1 покрытии составляют $^2/_3$ по числу и около $^3/_4$ по площади. Для создания преднапряжения висячей железобетонной оболочки используют пригруз временными грузами, укладываемыми поверх смонтированных железобетонных плит, а иногда — вертикальные оттяжки, закрепленные в полу или на нижерасположенных конструкциях. Замоноличивание швов между плитами производят после пригрузки вантовой сети. Когда бетон замоноличивания достигнет необходимой прочности, пригрузку снимают и покрытие работает как железобетонная преднапряженная висячая оболочка, что обеспечивает ее стабилизацию.

Для сравнения расхода материалов в покрытиях в качестве аналога принято цилиндрическое висячее покрытие размером 66×66 м с изгибным железобетонным опорным контуром и вантами из стальных канатов по ГОСТ 7669—80, рассчитанное на нагрузку 4 кН/м². Полигонально-вантовое покрытие принято тех же размеров, рассчитано на ту же нагрузку и предусмотрено в двух вариантах — с вантами из стальных канатов по ГОСТ 7669—80 и из полосовой стали марки 10ХСНД. Результаты сравнения показывают, что расход бетона на 1 м² покрытия-аналога составляет 0,186 м³, а полигонально-вантового — 0,074 м³. Расход стали в цилиндрическом висячем покрытии равен 27 кг/м², в полигонально-вантовом покрытии с вантами из канатов — 18,2, а с вантами из полосовой стали — 21,4 кг/м². Несмотря на увеличение расхода стали на ванты вследствие меньшего расчетного сопротивления полосовой стали по срав-

---

** **Дыховичный Ю. А.** Пространственные конструкции сооружений Олимпиады-80 в Москве. Международная конференция по облегченным пространственным конструкциям покрытий для строительства в обычных и сейсмических районах (Алма-Ата, 13—16 сентября 1977 г.). Доклады. — М.: Стройиздат, 1977.

*** А. с. № 717249. Висячее покрытие Р Н. Мацелинский, Л. С. Спаннут, Н. Я. Булкин, А. Г. Дашков. —Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1980, № 7.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

нению с канатами, общий расход стали на 1 м² висячего железобетонного покрытия с вантами из полосовой стали увеличивается незначительно, поскольку отпадает необходимость в литых анкерах и существенно облегчаются все соединения.

Для сравнения с металлическими покрытиями такого типа в качестве примера приведем стальную мембрану покрытия спортзала в Измайлове размером 66×72 м, расход стали в которой составил 58 кг/м², в том числе непосредственно на мембрану из нержавеющей стали марки ОХ18Т1 16 кг/м² и на подкрепляющие элементы (угловые ванты) из стали марки 10ХСНД — 20,6 кг/м².

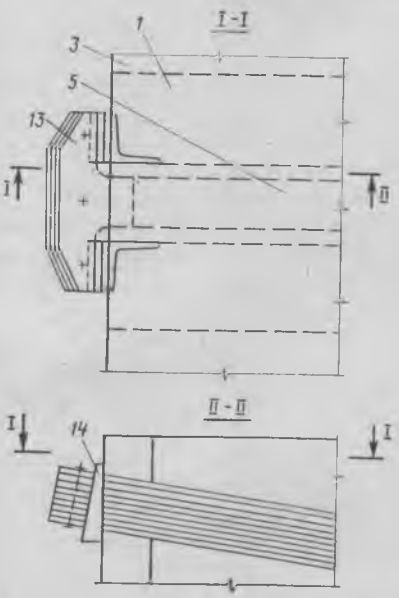


Рис. 3. Опорный узел покрытия
1, 3, 5 — см. по рис. 1; *13* — фасонка; *14* — клиновая вставка

Выводы

Применение железобетонной висячей оболочки полигонально-вантового типа позволяет получить экономию бетона 0,112 м³/м² (60%) по сравнению с цилиндрическим висячим покрытием, а экономия стали составляет около 8 кг/м² (30%) по сравнению с цилиндрическим железобетонным висячим покрытием и около 37 кг/м² (64%) по сравнению с металлической мембраной, опирающейся на железобетонный опорный контур.

Учитывая возможность создания организованного водоотвода от середины покрытия полигонально-вантового типа к его краям, применения простых железобетонных ребристых плит, несложных сварных соединений и малую материалоемкость такого покрытия, можно рекомендовать их при размерах сторон зданий 60—100 м.

Бетоны

УДК 691.327.32:691.33

С. А. ВЫСОЦКИЙ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Влияние расхода шлака, условий и режима твердения на свойства шлакощелочных бетонов

В настоящее время широко исследуются шлакощелочные бетоны, позволяющие экономить цементный клинкер, топливно-энергетические ресурсы и денежные средства, а также весьма перспективные в экологическом отношении.

В НИИЖБе изучены вопросы, связанные с подбором состава таких бетонов, назначением режимов ТВО и влиянием условий твердения на свойства. Исследовали основные доменные гранулированные шлаки (Череповецкий с $K_к = 1{,}48$, II сорт по ГОСТ 3476—74; $S_{уд} = 3500$ см²/г и др.), сода и содощелочной плав (90% Na_2CO_3), а также метасиликат натрия. Заполнителями служили речной кварцевый песок $M_{кр} = 1{,}82$ и гранитный щебень фракции 5 ... 20 мм. Эксперименты проводили на кубах с ребром 10 см (в отдельных случаях — 7 см).

Исследования позволяют считать идентичной схему подбора состава шлакощелочных и портландцементного бетонов [1]. Наиболее существенное отличие заключается в необходимости определения соотношения между щелочным компонентом и шлаком. Нами за основу рекомендуется принимать соотношение соды (содощелочного плава) к шлаку, равное 7 ... 8% массы. Участие щелочных кристаллогидратов в формировании структуры и прочности образцов при этом можно не учитывать. В то же время значительное превышение данного соотношения (в 1,5 и более раза), особенно в бетонах низких марок М 150 ... 200, увеличивает количество легкорастворимых щелочесодержащих фаз, которые ухудшают показатели бетона, поскольку даже при небольшом повышении температуры происходят потеря части воды, перекристаллизация и снижение прочности материала [2].

При использовании силикатов натрия (в частности, метасиликата), содержащих коллоидный кремнезем для формирования продуктов гидратации, для наиболее распространенных марок бетонов М 150 ....М400 соотношение щелочной компонент: шлак может быть снижено до 5...7%.

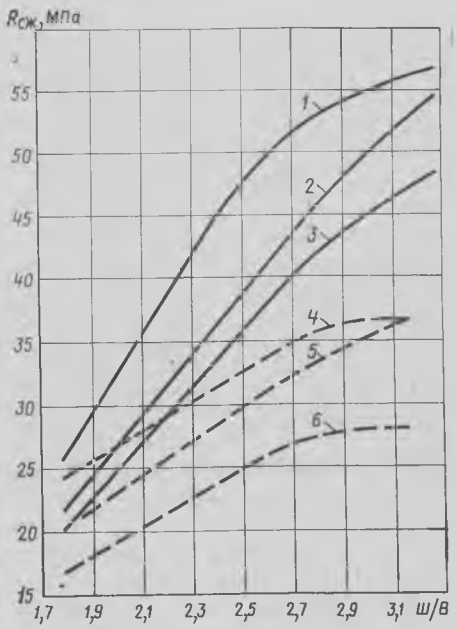


Рис. 1. Зависимость прочности шлакощелочного бетона от шлаководного отношения
1—3 — бетон на основе Na_2SiO_3; *4—6* — бетон на основе Na_2CO_3; *1, 4* — после 28 сут. нормального твердения; *2, 5* — то же, после пропаривания (3+3+6+2) ч при 90°С; *3, 6* — после пропаривания

Таблица 1

Вид вяжущего	Расходы компонентов, кг/м³					Ш/В / В/Ц	Жесткость смеси, с	R_{28}, МПа
	шлак (цемент)	вода	щелочной компонент (кг/% массы шлака)	песок	щебень			
Шлакощелочное на основе соды	500	175	36/7,2	500	1200	0,35	30	42
Шлакощелочное на основе метасиликата натрия	368	152	25/6,8	664	1196	0,41	15	50
Портландцемент	370	164	—	670	1200	0,44	30	47

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

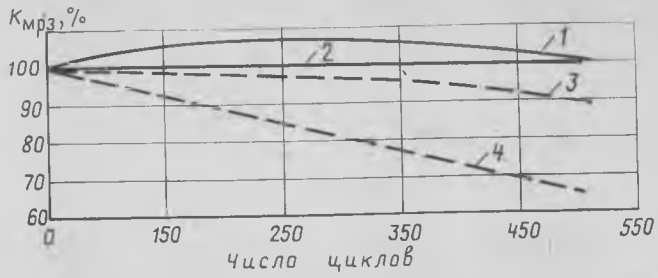


Рис. 2. Влияние вида щелочного компонента и условий твердения на морозостойкость бетона

1, 3 — бетон на основе Na_2SiO_3; $R^{н}_{28}$ =51,4 МПа; *2, 4* — бетон на основе Na_2CO_3; $R^{н}_{28}$ =36,8 МПа; *1, 2* — после 28 сут. нормального твердения; *3, 4* — то же, после пропаривания (3+3+ +6+2) ч при 90...95°С

Характерной чертой шлакощелочных смесей и бетонов является зависимость их свойств от вида щелочного компонента. При получении бетонов близких марок водопотребность смесей на основе соды вследствие значительного расхода шлака и высокой вязкости смеси является наиболее высокой (таблица 1).

Таблица 2

Вид щелочного компонента	Расходы компонентов на 1 м³, кг					Ш/В	Осадка конуса, см	Прочность бетона		
	шлак	щелочной компонент	песок	щебень	вода			при пропаривании 3+3+6+2 ч при 90 . . . 95°С	при пропаривании +28 сут нормального твердения	после 28 сут нормального твердения
Na_2CO_3	292	23	703	1220	161	1,82	1,5	16,8/69	19,7/81	24,4/100
	400	32	582	1210	170	2,35	1,5	21,6/70	25,7/83	30,8/100
	502	40	466	1205	182	2,76	0—0,5	28,8/81,5	34,3/97	35,3/100
	600	48	342	1200	190	3,16	0	27,9/77	36,3/101	36,4/100
Na_2SiO_3	284	17	712	1230	158	1,79	3	19,9/78	21,5/84	25,5/100
	376	22,5	603	1242	155	2,41	4	34,6/76	37,6/83	45,3/100
	472	28	485	1250	163	2,90	4	43,7/80	46,2/84	54,7/100
	575	34,5	356	1210	176	3,27	3	48,1/90	54,0/96	56,5/100

Примечание. Перед чертой — в МПа, после черты — % марочной прочности.

В то же время благодаря наличию в смеси коллоидных кремнесодержащих частиц метасиликат пластифицирует смесь. Поскольку он обеспечивает значительную прочность, смесь может быть приготовлена при низком *Ш/В*, способствующем снижению ее водопотребности.

Характер зависимости прочности шлакощелочного бетона от *Ш/В* — отношения, идентичен $R_б = f(Ц/В)$, но для различных щелочных компонентов имеет некоторые различия (рис. 1, табл. 2). Вследствие малой степени гидратации шлака (около 30% по остаточному мелилиту, что примерно вдвое ниже, чем клинкера) у бетона на соде наблюдается медленный рост прочности с увеличением *Ш/В*. При *Ш/В* более 2,7 ... 2,9, несмотря на возрастающее содержание воды (на 10 ... 20 л/м³), прироста прочности почти нет из-за менее эффективного уплотнения смеси.

При использовании метасиликата слабая гидратация шлака компенсируется быстрым накоплением новообразований, поскольку метасиликат натрия поставляет коллоидный кремнезем для формирования новых фаз. Это обеспечивает более интенсивный рост прочности, причем при одинаковых расходах шлака и меньшем количестве щелочного компонента (до 30%) достигается марка М 500—М 550, что примерно в 1,5 раза выше, чем для бетона на соде. Дальнейшее повышение прочности может быть обеспечено за счет перехода на более жесткие смеси (при соответствующем уплотнении и повышении *Ш/В*), увеличения дисперсности шлака, использования более активных шлаков, автоклавной обработки, а также в отдельных случаях — введения большего количества метасиликата натрия.

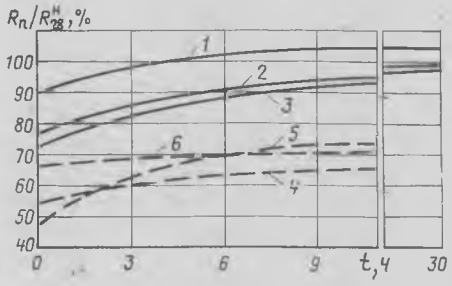


Рис. 3. Влияние предварительной выдержки на прочность бетонов

1—3 — через 28 сут. нормального твердения после пропаривания; *4—6* — через 2 сут. после пропаривания; *1—4* — бетон на портландцементе ($R^{н}_{28}$=42,4 МПа; пропаривание по режиму 3+6+2 при 80°С); *2—5* — бетон на основе Na_2CO_3 ($R^{н}_{28}$ =37,8 МПа; 3+6+2 при 90—95°С); *3—6* — бетон на основе Na_2SiO_3 ($R^{н}_{28}$ = =44,4 МПа; пропаривание 3+2+2 при 90—95°С)

При проектировании состава шлакощелочного бетона, подвергаемого ТВО, и назначении режима пропаривания необходимо считаться со структурными нарушениями из-за различного теплового расширения составляющих свежеуложенного бетона и высокого теплового расширения его в целом. При типовом режиме (табл. 2) дефекты не залечиваются в процессе изотермической выдержки и последующего нормального твердения, поскольку при обычных температурах гидратация шлака резко замедляется, а реакционноспособные его частицы уже исчерпали активность.

В результате прочность пропаренных бетонов ниже прочности бетонов нормального твердения (от 3 до 21%), хотя недобор и уменьшается с увеличением марки и переходом на метасиликат. Это обусловливает необходимость увеличения расхода шлака на 35 ... 40 кг/м³ в бетонах марок ⩽ М300 на соде и ⩽ М400 на метасиликате, подвергаемых ТВО, в сравнении с нормальным твердением или применения более мягких режимов ТВО. Составы бетонов следует проектировать исходя из достижения после ТВО (при 90—95°С) 85 ... 95% проектной прочности (85 — для соды или содощелочного плава и 90 ... 95% — для метасиликата).

Наибольшее влияние условия твердения и вид щелочного компонента оказывают на морозостойкость. Как следует из рис. 2, морозостойкость пропаренного бетона марки М 300 на соде (жесткость смеси 30 с по техническому вискозиметру) хотя и составляет сравнительно высокую величину (200... 250 циклов), однако заметно уступает показателю нормального твердения. При использовании метасиликата морозостойкость достигает 500 циклов, хотя также несколько уступает бетону нормального твердения.

Для достижения потенциальных характеристик шлакощелочных бетонов, особенно на щелочных компонентах

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

типа соды и содощелочного плава, необходимо предусматривать меры по устранению или предотвращению структурных нарушений путем увеличения предварительной выдержки, снижения скорости подъема температуры, обжатия бетона (с помощью механического пригруза, среды с избыточным давлением паровоздушной смеси) [3]. Как следует из рис. 3, в наибольшей степени эффект предварительной выдержки сказывается в составе на соде (прочность после пропаривания возрастает в 1,6 ... 1,7 раза), в наименьшей — в бетоне на метасиликате, обладающем быстрым схватыванием. Последующее нормальное твердение стирает различия между шлакощелочными композициями и выявляет преимущества портландцемента, сохраняющего лучшую способность твердеть при обычных температурах (его прочность уже к 3 ... 6 ч предварительной выдержки достигает марки, в то время как шлакощелочным бетонам требуется выдержка более 1 сут).

При назначении параметров изотермического прогрева необходимо учитывать специфику щелочного компонента и энергоемкость ТВО. Умеренные температуры (75°С) не приводят к снижению прочности образцов на соде при выдерживании более 3 ...4 ч, причем сразу после пропаривания видны даже некоторые преимущества по прочности перед портландцементным бетоном (рис. 4).

Наиболее интенсивное твердение у составов на метасиликате, прочность которых стабилизируется при испытаниях в горячем состоянии на уровне 70% марочной уже к 1 ... 2 ч при 95°С и к 4 ... 6 ч при 75°С, что при соблюдении требований к бетону по другим свойствам позволяет рекомендовать сокращенные режимы ТВО. Пониженные температуры (55°С) вызывают резкое замедление роста прочности шлакощелочных бетонов обоих видов и увеличивают ТВО до 14 ч. В то же время подобные режимы обеспечивают близкую к средней по стране суточную оборачиваемость пропарочных камер, что оправдывает их применение для экономии тепловой энергии при обеспечении заданной деформативности бетона.

Снижение температуры с 75 ... 80 до 55 ... 60°С при базовой длительности изотермического прогрева 2 и 7 ... 8 ч соответственно для метасиликата и соды позволяет экономить 8 ... 10 кг условного топлива на 1 м³, или до 40% тепловой энергии, затрачиваемой на пропаривание (без учета увеличения необходимого числа форм и соответствующей затраты тепла). Существенно, что пониженные температуры заметно не снижают прочность бетона в возрасте 28 сут по сравнению с ТВО при 95°С, поскольку деструктивные процессы в них выражены в малой степени.

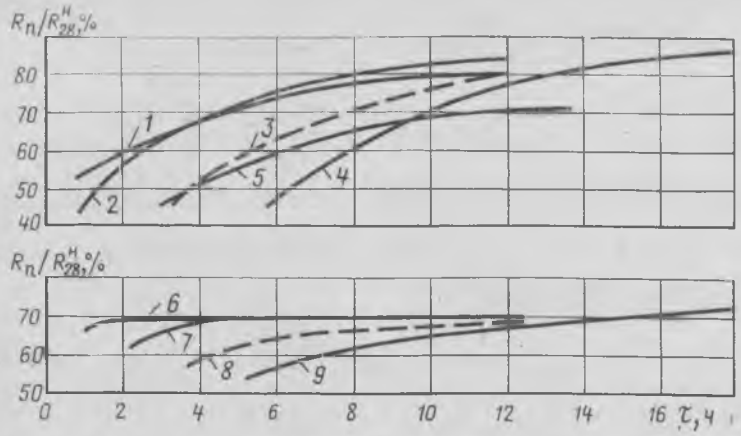


Рис. 4. Кинетика твердения бетонов при различных температурах изотермической выдержки

1—4 — шлакощелочной бетон на основе Na_2CO_3 ($R^н_{28}$=41 МПа), *5* — бетон на портландцементе, $R^н_{28}$=42 МПа; *6—9* — шлакощелочной бетон на основе Na_2SiO_3 ($R^н_{28}$=50,4 МПа) *1, 6* — 95°С; *2, 5, 7* — 75°С; *3, 8* — 65°С; *4, 9* — 55°С (τ предв. выд.=2 ч; *V*=20—25°С/ч)

Дальнейшее снижение температур выявляет резкие различия в поведении шлакощелочных бетонов (рис. 5). Если бетон на метасиликате натрия по темпу твердения близок к портландцементному (при равном или даже меньшем расходе вяжущего), то состав на основе соды значительно отстает от него. Тем не менее рис. 5 показывает, что для обеспечения требуемой марки в условиях пониженной влажности, приводящих к замедлению гидратации и возникновению растягивающих напряжений, для шлакощелочных и для портландцементного бетонов необходима одинаковая начальная прочность — 70% марочной. Необходимая длительность влажностного ухода во всех случаях является одинаковой (10 сут). Снижение R_0 до 30 ... 50% марочной также вызывает одинаковый для всех составов недобор прочности при последующем твердении без ухода, что при значительных усадочных деформациях шлакощелочных бетонов следует связывать с меньшим, нежели для цемента, замедлением гидратации шлака при испарении влаги вследствие меньшей упругости пара над щелочным раствором.

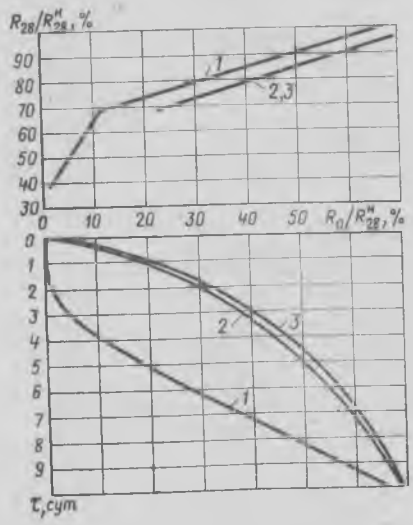


Рис. 5. Влияние ухода за бетоном, твердеющим при пониженной влажности (φ=40—50%) *nt*=24—26°С на его прочностные характеристики

1 — шлакощелочной бетон М400 на основе Na_2CO_3; *2* — бетон М400 на портландцементе; *3* — шлакощелочной бетон М500 на основе Na_2SiO_3; R_{28} — прочность бетона, твердевшего при φ=40—50% в возрасте 28 сут; R_0 — начальная прочность бетона, твердевшего в условиях ухода; $R^н_{28}$ — марочная прочность бетона

Описанные особенности шлакощелочных бетонов необходимо учитывать при изготовлении изделий и конструкций, что позволит наиболее рационально проектировать их состав, обеспечить надлежащее качество и высокую эффективность этого материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по подбору составов тяжелого бетона — М.: Стройиздат, 1979.
2. Высоцкий С. А., Смирнов В. П. Влияние состава вяжущего и условий твердения на физико-механические свойства шлакощелочного бетона. — В кн.: Технология и долговечность железобетонных конструкций. — М.: НИИЖБ, 1983.
3. Малинина Л. А. Тепловлажностная обработка бетона. — М.: Стройиздат, 1978.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 624.072.2/.3

Н. А. МАРКАРОВ, д-р техн. наук, проф., А. М. ИБРАГИМОВ, канд. техн. наук
(НИИЖБ)

Трещиностойкость и прочность изгибаемых элементов с пониженной передаточной прочностью бетона

Согласно СНиП II-21-75 и Руководству [1], передаточная прочность бетона R_0 принимается не менее 70—80% проектной марки $\overline{R}$. Достижение такого уровня прочности бетона требует продолжительной тепловлажностной обработки и значительного расхода энергии и цемента.

Для оценки трещиностойкости и других параметров конструкций при пониженной передаточной прочности бетона в НИИЖБе испытали 30 преднапряженных балок длиной 3000 мм, в которых варьировали марку бетона (М 250, М 300, М 400;) уровень передаточной прочности R_0 ($0{,}8\overline{R}$; $0{,}7\overline{R}$; $0{,}6\overline{R}$; $0{,}5\overline{R}$; $0{,}4\overline{R}$); относительное обжатие бетона $\sigma_{б.н}/R_0$ (0,28—0,84); поперечное сечение (прямоугольное, тавровое); условия твердения бетона. В балках использовали арматуру класса Ат-V диаметром 14 мм.

Балки испытали в три этапа на стадии изготовления, в период выдерживания (хранения) и при загружении грузами в третях пролета. В результате анализа полученных данных установлено, что при подсчете напряжений в бетоне $\sigma_{б.н}$, в отличие от рекомендуемого нормами, $E_б$ следует принимать соответствующей передаточной прочности R_0, т. е. $E_б = E_{б.о}$ [2].

В СНиП II-21-75 для подсчета потерь напряжения от быстронатекающей ползучести σ_6 значения коэффициентов a и b принимаются в соответствии с проектной маркой бетона $\overline{R}$, хотя значения этих коэффициентов установлены в работе [3] по опытным данным, полученным при передаточной прочности $R_0 = (0{,}7...0{,}8)\overline{R}$. Поскольку до последнего времени R_0 принимали равной указанным величинам, близким марке $\overline{R}$, то учет в формулах σ_0 a и b, соответствующих марке бетона, а не R_0, не приводил к существенному отклонению расчетных потерь σ_6 по сравнению с опытными значениями (рис. 1). Между тем при снижении передаточной прочности с $R_0 = (0{,}7...0{,}8)\overline{R}$, например до $0{,}5\overline{R}$, учет коэффициентов a и b, соответствующих марке $\overline{R}$, а не R_0, вызывает существенное отклонение расчетных значений потерь σ_6 (рис. 1).

Установлено, что при $R_0 \leqslant 0{,}7\overline{R}$ опытные потери σ_6 близки расчетным, подсчитанным по нормам при условии, что коэффициенты a и b соответствуют передаточной прочности R_0 (см. рис. 1).

Поэтому в нормах значения коэффициентов a и b рекомендуется принимать соответствующими передаточной прочности бетона (см. таблицу).

Значения коэффициентов a и b можно определять и с помощью зависимостей, предложенных СНиП 2.03.01—84:

$$\left.\begin{aligned} a &= 0{,}25 + 0{,}25\,R_0 \leqslant 0{,}8; \\ b &= 5{,}25 - 0{,}185\,R_0, \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

но в пределах 1,1—2,5.

Тогда формулы для подсчета потерь напряжения от быстронатекающей ползучести примут вид:

$$\left.\begin{aligned} &40\,\frac{\sigma_{б.н}}{R_0} \text{ при } \frac{\sigma_{б.н}}{R_0} \leqslant a; \\ &40\,a + 90\,b\left(\frac{\sigma_{б.н}}{R_0} - a\right) \\ &\text{при } \frac{\sigma_{б.н}}{R_0} > a. \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

R_0, МПа	a	$в$
> 30	0,60	1,50
25	0,55	2,25
20	0,50	3,00
15	0,40	3,00

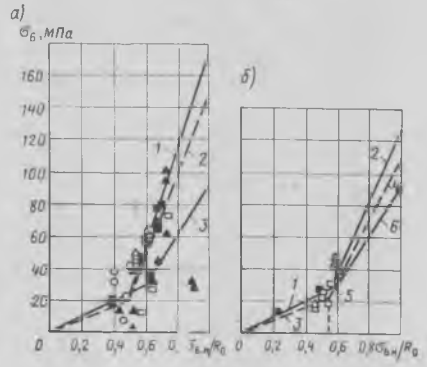


Рис. 1. Влияние относительного обжатия бетона марки М 400 на потери преднапряжения в арматуре от быстронатекающей ползучести бетона при передаточной прочности бетона $R_0 = 20$ МПа $= 0{,}5\overline{R}$ (а) и $R_0 \approx 25$ МПа $= 0{,}7\overline{R}$ (б)

1 — расчетные величины σ_6, подсчитанные по формулам (2); *2, 4* — то же, с учетом ТВО (k=0,85); *3, 6* — расчетные величины σ_6 по СНиП II-21-75 с учетом a и b при $\overline{R}$ ○ — ТВО [4]; ● — естественное твердение; △ — ТВО; ▲ — естественное твердение

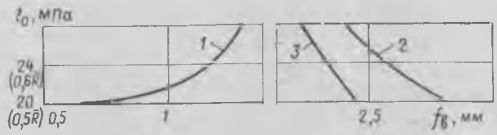


Рис. 2. Зависимость выгиба $f_в$ от кратковременного действия усилия обжатия

1 — по СНиП II-21-75 при учете N_{02}, e_{02}, $E_б$, $I_п$; *2* — то же, при учете N_{01}, e_{01}, $E_{б.о}$, $I_{п.о}$; *3* — по формуле (3)

Известно, что R_0 влияет на размер зоны передачи напряжений $e_{п.н}$. Опытные значения $e_{п.н}$, полученные по замерам деформации бетона тензорезисторами и по величине втягивания арматуры в бетон g_0, позволяют считать, что расчетная длина зоны передачи напряжения стержневой арматуры и при величинах передаточной прочности $R_0 < (0{,}7—0{,}8)\overline{R}$ можно подсчитать по СНиП II-21-75. В нормах для определения кривизны от кратковременного действия усилия обжатия значения N_0 и $e_{оп}$ устанавливают в предположении проявления всех потерь преднапряжения, т. е. $N_0 = N_{02}$ и $e_{оп} = e_{ог}$. В действительности элемент обжимается усилием N_{01}, т. е. действующим при передаче усилия обжатия на бетон при $R_0 < \overline{R}$. Такое несоответствие незаметно при $R_0 = (0{,}7...0{,}8)\overline{R}$, при $R_0 < 0{,}7\overline{R}$ фактические значения выгибов $f_в$, как показали испытания, не намного превышали расчетные значения при учете $N_0 = N_{01}$. Между тем, если принимать в формуле кривизны $N_0 = N_{02}$, разница оказывается больше, чем в 1,5 раза.

При сравнении расчетных выгибов по СНиП II-21-75 и опытных установлено их различие — если по нормам при учете $N_0 = N_{02}$ выгибы уменьшаются по мере снижения $R_0 < 0{,}7\overline{R}$, то по опытным данным, наоборот, выгибы увеличиваются (рис. 2). Такое несоответствие вызвано тем, что при снижении R_0 возрастают потери напряжения в арматуре от быстронатекающей и длительной ползучести, что уменьшает N_{02}. Между тем в формуле норм $\frac{1}{\rho_b} = \frac{N_0\,e_{оп}}{k_п\,E_б\,I_п}$ величины $E_б$ и $I_п$ принимаются в соответствии с маркой бетона, т. е. независимо от принятого уровня R_0.

Поэтому расчетный выгиб от кратковременного действия усилия обжатия рекомендуется определять с учетом только первых потерь, т. е. $N_0 = N_{01}$. Тогда для подсчета кривизны служит формула

$$\frac{1}{\rho_b} = \frac{N_{01}\,e_{01}}{k_п\,E_{б.о}\,I_{п.о}}. \quad (3)$$

Опытные величины потерь напряжения от усадки σ_8 и ползучести бетона σ_9 получены в возрасте 100 сут. В СНиП II-21-75 при определении потерь от ползучести σ_9 учитывают $\sigma_{б.н}$ без учета потерь от быстронатекающей ползучести, хотя они уже проявились ранее. Однако при снижении передаточной прочно-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

сти бетона $R_0 < 0{,}7\overline{R}$ вплоть до $0{,}5\overline{R}$, как уже отмечалось, потери σ_6 от быстронатекающей ползучести возрастают. Поэтому рекомендуется и при подсчете потерь напряжения от ползучести бетона по нормам учитывать первые потери преднапряжения. При таком подходе опытные и расчетные величины потерь σ_9 хорошо совпадают (рис. 3).

Сопоставлением опытных значений момента образования трещин с расчетными величинами, подсчитанными по СНиП II-21-75, но с учетом предложенных рекомендаций установлено, что разница между ними не превышает 10%; отношение опытной ширины раскрытия трещин при нагрузке $\approx 60\%$ разрушающей и расчетных величин составило 1,54, т. е. близко 1,66 (обеспеченность 1,64 стандарта).

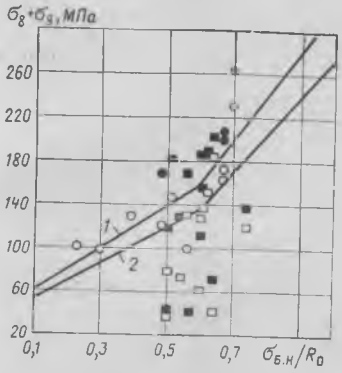


Рис. 3. Влияние относительного обжатия бетона на потери напряжения в арматуре от ползучести и усадки

1 — расчетные потери $\sigma_8+\sigma_9$ по СНиП II-21-75; *2* — то же, с учетом ТВО ($k=0{,}85$); □, ■ — образцы, прошедшие ТВО, в возрасте 100 сут и перед испытанием на изгиб; ○, ● — образцы естественного твердения в возрасте 100 сут и перед испытанием на изгиб

Также близки по величине опытные и расчетные величины прогибов образцов при $R_0 < 0{,}7\overline{R}$ как в упругой стадии, так и при нагрузке, равной $\approx 60\%$ разрушающей (отклонение до $\pm 12\%$). Во всех испытанных балках разрушающие моменты были равны или несколько превосходили расчетные величины, подсчитанные по СНиП II-21-75.

Выводы

Исследования свидетельствуют о возможности расчета преднапряженных изгибаемых элементов со стержневой арматурой по СНиП II-21-75 и при передаточной прочности бетона $R_0 < 0{,}7\overline{R}$ с учетом предложенных рекомендаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию предварительно напряженных конструкций из тяжелого бетона. — М.: Стройиздат, 1977.
2. Маркаров Н. А., Ибрагимов А. М. Определение напряжения в бетоне в момент его обжатия. — Бетон и железобетон, 1982, № 4.
3. Яшин А. В. Потери предварительного напряжения от усадки и ползучести бетона.— Бетон и железобетон, 1971, № 5.
4. Манохина М. М., Маркаров Н. А.— Влияние способа твердения на ширину трещин при центральном и немногократном растяжении. — В сб. трудов Горьковского инженерно-строительного ин-та, 1975.

УДК 624.012.45:539.4

Ю. П. ГУЩА, д-р техн. наук (НИИЖБ); Л. Л. ЛЕМЫШ, канд. техн. наук (ЦНИИпромзданий)

Расчет деформаций конструкций на всех стадиях при кратковременном и длительном нагружениях

Один из недостатков принятого в нормах метода расчета деформаций заключается в его ограниченности — только для элементов прямоугольного, таврового и двутаврового сечения при действии моментов от эксплуатационных нагрузок. Однако для решения многих задач, в том числе расчета каркасов промзданий по действительным жесткостям и деформированной схеме, требуется определение деформаций элементов на всех стадиях нагружения при сечениях любой формы.

Для создания общего инженерного метода расчета деформаций авторы использовали гипотезу плоских сечений для средних деформаций арматуры и бетона на участке между трещинами, полные диаграммы σ—ε бетона и арматуры, а также учитывали работу растянутого бетона над и между трещинами. Следует отметить, что такой подход в том или ином виде применяли многие авторы. Основные отличия предлагаемого метода расчета состоят в трансформировании диаграмм бетона $\sigma_б$—$\varepsilon_б$ с учетом напряженного состояния элементов и их участков, а также в использовании их для длительно действующих нагрузок.

Предлагаемый метод, как и нормы, составлен для кратковременного или длительного действия нагрузки. При необходимости учета совместного действия кратковременных и длительных нагрузок можно использовать подход СНиПа: полную кривизну определяют как сумму кривизны от длительно действующей нагрузки и приращения кривизны от кратковременных нагрузок.

Кроме указанных были приняты также следующие предпосылки:

для элементов с $\mu > 0{,}008$ в качестве упрощающего варианта допускается использование гипотезы плоских сечений для сечения с трещиной;

эпюру напряжений в растянутом бетоне над трещиной считаем условно прямоугольной с $\sigma_р = R_р$, а предельное относительное удлинение бетона равным $2R_р/E_б$;

связь между средними деформациями арматуры и бетона на участке между трещинами с соответствующими деформациями в сечении с трещиной выражается с помощью коэффициентов $\Psi_а$ и $\Psi_б$, отражающих неравномерность деформаций на участке между трещинами и не привязанных к расчетной схеме.

Полную диаграмму сжатия бетона можно описывать полиномом

$$\frac{\sigma_б}{R} = k_1\eta + k_2\eta^2 + \ldots + k_i\eta^i + \ldots + k_n\eta^n, \qquad (1)$$

где $\eta = \varepsilon/\varepsilon_R$; R, ε_R — максимальное сопротивление бетона и соответствующая ему деформация. Для сжатого бетона $R = K_п R_1$, $\varepsilon_R = K_д \varepsilon_1$ ($K_п, K_д$ — коэффициенты, учитывающие отличие рассматриваемого напряженного состояния от состояния при осевом сжатии; ε_1, R_1 — значения ε_R и R при осевом сжатии, принимаемые с учетом длительности действия нагрузки).

На рис. 1 представлена диаграмма сжатия бетона $\sigma_б$ — $\varepsilon_б$, полученная в НИИСКе при кратковременном осевом нагружении призм из бетона прочностью ≈ 30 МПа. В этих опытах крайняя точка на диаграмме, соответствующая $\varepsilon_{б\,max}$, отвечает разрушению призм, которое устанавливали по резкому снижению скорости прохождения ультразвука. Для ее описания можно использовать полином (I) при $n=4$; $\kappa_1 = 2{,}65$; $\kappa_2 = -2{,}5$; $\kappa_3 = 1{,}05$; $\kappa_4 = -0{,}2$, при этом $R = R_{пр}$; $\varepsilon_R = 0{,}002$. Близкие значения коэффициентов полинома можно найти из решения системы уравнений, полученных из равенств:

$$\left.\begin{aligned} &\left(\frac{\sigma_б}{R}\right)'_{\eta=0} = E_б\,\frac{\varepsilon_R}{R};\\ &\left(\frac{\sigma_б}{R}\right)'_{\eta=1} = 0;\\ &\left(\frac{\sigma_б}{R}\right)_{\eta=1} = 1;\\ &\left(\frac{\sigma_б}{R}\right)_{\eta=2} = 0{,}5. \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

На рис. 1 приведена зависимость $\sigma_б$—$\varepsilon_б$, полученная в работе [1] по результатам испытания центрально сжатых призм из бетона прочностью 25—30 МПа постоянной длительной нарузкой в течение 3 лет. Из диаграмм, приведенных в источнике [1], она выбрана потому, что формулы норм по-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

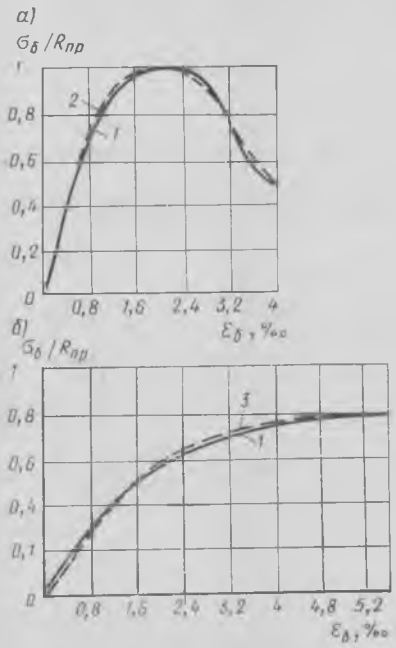


Рис. 1. Зависимости $\sigma_б - \varepsilon_б$ при кратковременных (*а*) и длительных (*б*) испытаниях центрально сжатых призм из бетона прочностью 25—30 МПа

1 — опытные значения; *2* — $\sigma_б/R_{пр} = 2{,}65\eta - 2{,}5\eta^2 + 1{,}05\eta^3 - 0{,}2\eta^4$; $\eta = \varepsilon_б/0{,}002$; *3* — $\sigma_б/R_{пр} = 3{,}3\eta - 3{,}7\eta^2 + 1{,}4\eta^3$; $\eta = \varepsilon_б/0{,}006$

лучены исходя из времени выдерживания образцов под нагрузкой в течение 1000 сут, что позволяет сравнить результаты расчета по СНиП и предложенной методике. Эта диаграмма описывается полиномом (1) при $n=3$; $\kappa_1 = 3{,}3$ $\kappa_2 = -3{,}7$; $\kappa_3 = 1{,}4$, при этом $R = 0{,}8R_{пр}$, $\varepsilon_R = 0{,}006$.

Как видно из рис. 1, расчетные зависимости хорошо совпадают с опытными. Аналогичным образом можно получить диаграммы для бетонов различных видов и прочностей при осевом сжатии призм.

При неоднородном напряженном состоянии условия работы волокон бетона оказываются другими (стесненность деформаций и пр.), при этом общий характер диаграммы $\sigma_б - \varepsilon_б$, видимо, останется таким же, как при осевом сжатии.

Рассмотрим в качестве примера элемент прямоугольного сечения при действии момента в плоскости симметрии (рис. 2). Приняв зависимость $\sigma_б(x) - \varepsilon_б(x)$ по формуле (1) и $\varepsilon_б(x) = \bar{\varepsilon}_б \dfrac{x}{\bar{x}}$, определим усилие, воспринимаемое сжатым бетоном в сечении с трещиной:

$$N_б = b \int_0^{\bar{x}} \sigma_б(x)\, dx = R\, \omega\, b x, \quad (3)$$

где $\omega = \sum_{i=1}^{n} \left[k_i \dfrac{1}{i+1} \left(\dfrac{\bar{\varepsilon}_б}{\varepsilon_R} \right)^i \right]$.

Расстояние от точки приложения усилия $N_б$ до нейтральной оси x_y находят из равенства:

$$x_y = \frac{\int_0^{\bar{x}} \sigma_б(x)\, x\, dx}{\int_0^{\bar{x}} \sigma_б(x)\, dx} = \bar{x} \frac{\sum_{i=1}^{n} \left[k_i \dfrac{1}{i+2} \left(\dfrac{\bar{\varepsilon}_б}{\varepsilon_R} \right)^i \right]}{\omega}. \quad (4)$$

В соответствии с принятыми предпосылками:

$$x_р = \bar{x} \frac{\varepsilon_{б.р}}{\varepsilon_б}; \quad N_р = R_р\, x_р\, b.$$

Средние деформации i-го арматурного стержня $\varepsilon_{а.с\,i}$ связаны со средней деформацией крайнего сжатого волокна бетона $\varepsilon_{б.с}$ и средней высотой сжатой зоны бетона $x_с$ зависимостью $\varepsilon_{а.с\,i} = \varepsilon_{б.с}(h_{0i} - x_с)/x_с$, откуда деформацию арматуры в пределах высоты трещины подсчитывают по формуле

$$\varepsilon_{а\,i} = \bar{\varepsilon}_б \frac{\psi_б}{\psi_{а\,i}} \frac{h_{0\,i} - \dfrac{\bar{x}}{\varphi}}{\dfrac{\bar{x}}{\varphi}}, \quad (5)$$

где $\varphi = \bar{x}/x_с$, $\varphi = f(h_т/h_0)$.

Для элементов с $\mu > 0{,}008$ формула упрощается:

$$\varepsilon_{а\,i} = \frac{\bar{\varepsilon}_б (h_{0\,i} - \bar{x})}{\bar{x}}. \quad (6)$$

Формула (6) справедлива и для деформаций арматурных стержней в пределах целой части сечения с трещиной. Напряжения и усилия в i-том арматурном стержне:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_{а\,i} &= i \left(\frac{\sigma_б}{E_а} + \varepsilon_{а\,i} \right); \\ N_{а\,i} &= \sigma_{а\,i} F_{а\,i}. \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

Высоту сжатой зоны бетона подсчитываем из условия равновесия всех продольных сил

$$N_б - N_р - \Sigma N_{а\,i} \pm N = 0. \quad (8)$$

Средняя кривизна на участке между трещинами

$$\frac{1}{\rho} = \frac{(\varepsilon_{а.н}\, \psi_{а.н} + \bar{\varepsilon}_б\, \psi_б)}{h_{0\,н}}, \quad (9)$$

где $\varepsilon_{а.н}$, $\Psi_{а.н}$, $h_{0н}$ — значения $\varepsilon_{аi}$, $\Psi_{аi}$ и h_{0i} для наиболее растянутого (нижнего) арматурного стержня.

Рассмотрим применение предложенного способа для расчета неразрезных балок [2]. Пролет балок мысленно разбиваем на участки длиной $\Delta \approx h$. В пределах каждого участка жесткость принимаем постоянной по максимальному моменту на этом участке. На рис. 3 в качестве примера приведены результаты расчета балки БОИ-1б. Расчеты выполнены в двух вариантах: $k_g = 1$, $k_п = 1$ (I) и $k_д = 1{,}5$; $k_п = 1{,}25$ (II) при этом для варианта II коэффициенты полинома (1), найденные из зависимостей (2), равны: $\kappa_1 = 3{,}2$; $\kappa_2 = -3{,}9$; $\kappa_3 = 2{,}2$; $\kappa_1 = -0{,}5$. Как видно из рис. 3, расчет по варианту II значительно лучше отражает перераспределение усилий в стадии разрушения.

Аналогичные результаты были получены при сопоставлении результатов опытных и расчетных данных других статистически неопределимых конструкций: неразрезных балок и Г-образных рам испытанных НИИЖБом. Во всех случаях ограниченная протяженность и быстрое снижение нисходящей ветви диаграммы $\sigma_б - \varepsilon_б$ по варианту I существенно снижает получаемое из расчета перераспределение усилий по сравнению с опытным в стадии разрушения и близкой к ней.

Численный анализ свидельствует о том, что для получения полного перераспределения усилий при расчете защемленных на опорах балок загруженных равномерно распределенной нагрузкой, с одинаковым для опорных и пролетных сечений коэффициентом ар-

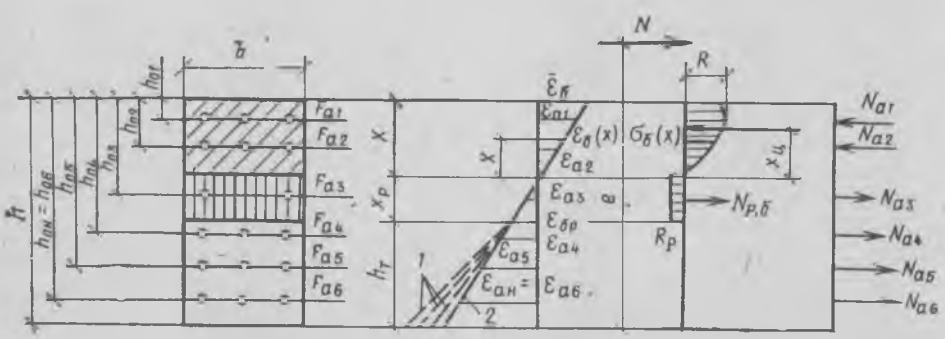


Рис. 2. Расчетные схемы деформаций, напряжений в бетоне и усилий в сечении с трещиной
1 — $\mu \leqslant 0{,}8\%$; *2* — $\mu \geqslant 0{,}8\%$

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

мирования $\mu = 0{,}015...0{,}03$ (бетон средней прочности, арматура с физическим пределом текучести), необходимо, чтобы деформация бетона $\varepsilon_{б\,max}$ и максимальное сопротивление бетона R были выше, чем при осевом сжатии соответственно в 1,5—2 и в 1,1—1,25 раза. Это компенсирует снижение сопротивления бетона на нисходящей ветви кривой $\sigma_б$—$\varepsilon_б$, что особенно важно при оценке несущей способности опорного сечения, деформации крайнего сжатого волокна которых достигают $\varepsilon_{б\,max}$. Следует отметить, что в экспериментальных исследованиях некоторые авторы отмечали значения $\varepsilon_{б.с}$, превышающие 4,5—5‰, что выше предельной деформации $\varepsilon_{б\,max} = 4‰$ по рис. 1.

В работе [3] указано, что при изгибе диаграмма сжатия бетона подобна диаграмме при осевом сжатии, но величины R и ε_R выше. Согласно работе [3] и другим исследованиям, указанные величины при неоднородном напряженном состоянии больше, чем при равномерном сжатии. Это учитывается в методике авторов введением коэффициентов $k_п > 1$ и $k_д > 1$ с соответствующей корректировкой коэффициентов полинома (1).

Приведенные значения коэффициентов $k_п = 1{,}25$ и $k_д = 1{,}5$ являются ориентировочными для изгибаемых и внецентренно сжатых элементов из бетонов средней прочности, работающих с трещинами в растянутой зоне. В общем случае эти коэффициенты зависят от эксцентриситета приложения нормальной силы, марки бетона, интенсивности поперечного армирования, величины местных напряжений и других факторов.

В процессе выдерживания длительно действующей, не изменяющейся во времени нагрузки увеличивается, как правило, высота сжатой зоны бетона, уменьшаются напряжения в нем, растут деформации бетона и арматуры. При этом деформации бетона необходимо определять с учетом изменяющихся во времени напряжений. Однако исследования, выполненные в работе [4], свидельствуют о том, что допущение о постоянстве напряжения $\sigma_б(t)$ в течение всего времени действия нагрузки t не приводит к заметной погрешности при определении $\frac{1}{\rho}(t)$. Авторами для оценки этой погрешности рассмотрены опыты со свободно опертыми балками ($\mu = 0{,}65...2{,}5\%$), испытанными в течение длительного времени ($t = 700$ сут). Наибольшее снижение напряжений в бетоне отмечалось в сильно армированных балках вследствие существенного увеличения высоты сжатой зоны. Деформации бетона $\varepsilon_б(t)$ определяли по линейной теории ползучести с учетом переменных во времени напряжений $\sigma_б(\tau)$ и в предположении постоянства напряжения $[\sigma_б(t) = const]$. Наибольшая разница значений $\varepsilon_б(t)$ составила 5%.

Для упрощения расчета принято допущение о постоянстве во времени напряжений в бетоне $\sigma_б(t)$ при действии неизменных во времени нагрузок. При этом связь между напряжениями и деформациями (см. рис. 1) описывается полиномом вида (1), и определение кривизны и жесткости при длительном и кратковременном действии нагрузок производят по одним и тем же зависимостям с введением соответствующих коэффициентов.

Для проверки предлагаемой методики сопоставили зависимости М—1/ρ, вычисленные по ней и по формулам НИИЖБа, обобщающим большой экспериментальный материал. При этом рассматривали изгибаемые и внецентренно сжатые элементы с арматурой класса А-III из бетона марки М 300, имеющие при эксплуатационных нагрузках трещины в растянутой зоне. В расчете элементов с $\mu > 0{,}008$ приняли $k_п = 1{,}25$; $k_д = 1{,}5$; при кротковременных

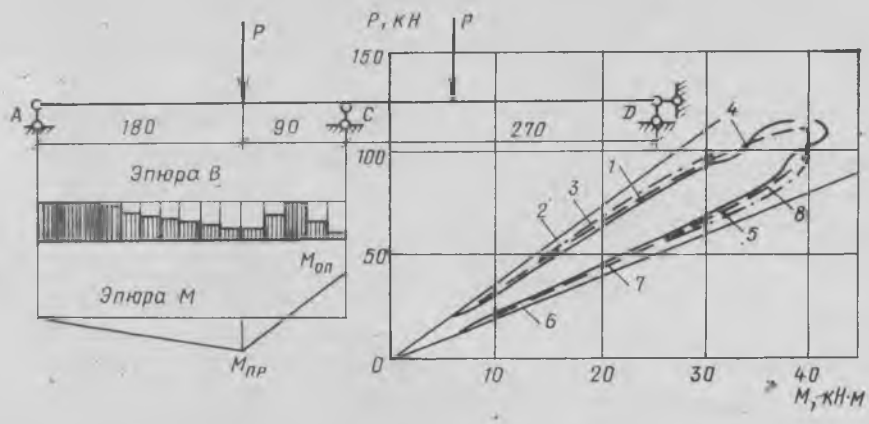


Рис. 3. Сопоставление результатов расчета и опыта неразрезных балок [2]. Моменты в пролете: опытный (1), вычисленные из упругого расчета (2), по варианту I (3), по варианту II (4); то же, на опоре опытный (5); выполненные из упругого расчета (6), по варианту I (7), по варианту II (8)

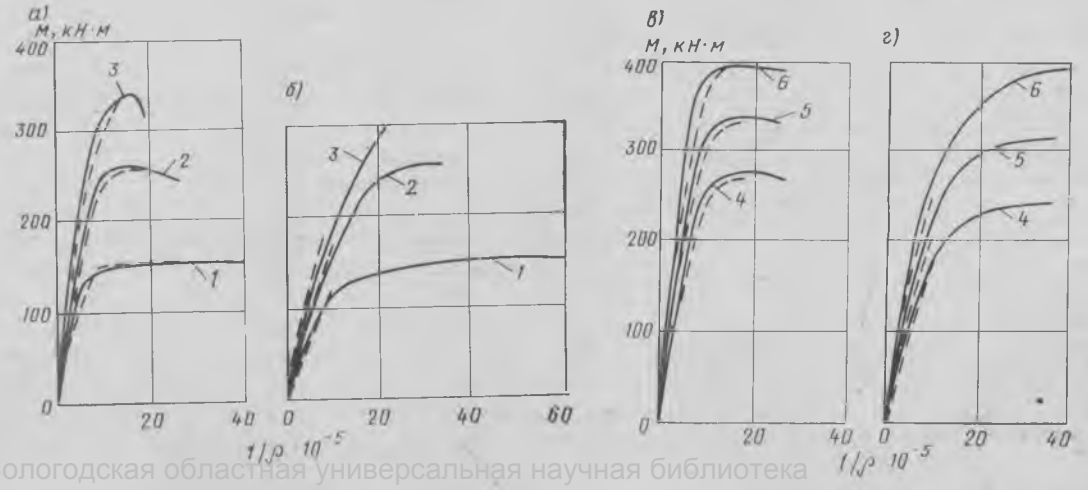


Рис. 4. Сопоставление предлагаемого метода расчета с расчетом по зависимостям, обобщающим большой экспериментальный материал, изгибаемых (а, б) и внецентренно сжатых при $N = 650$ кН (в, г) элементов прямоугольного сечения ($h = 50$ см; $b = 20$ см; бетон марки М 300; $a = a' = 5$ см) при кратковременном (а, в) и длительном (б, г) действии нагрузки
1 — $\mu = 1\%$; *2* — $\mu = 2\%$; *3* — $\mu = 3\%$; *4* — $\mu = \mu' = 1\%$; *5* — $\mu = \mu' = 1{,}5\%$; *6* — $\mu = \mu' = 3\%$

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.bboksite.ru

нагрузках $R_1 = R_{г.р}$; $\varepsilon_1 = 0{,}002$; $\Psi_а = 0{,}8$; $\Psi_б = 0{,}9$; при длительных нагрузках $R_1 = 0{,}8R_{г.р}$; $\varepsilon_1 = 0{,}006$; $\Psi_а = \Psi_б = 0{,}95$. Сопоставление показало, что кривые $M-1/\rho$, вычисленные по обеим сравниваемым методикам, располагаются достаточно близко (рис. 4). Описанный метод можно использовать и для расчета деформаций косо сжатых элементов и элементов с различной формой поперечного сечения на всех стадиях их работы [5].

Выводы

Использование гипотезы плоских сечений, полных диаграмм $\sigma-\varepsilon$ бетона и арматуры, учет растянутого бетона над и между трещинами позволяют разработать общий практический метод расчета деформаций.

При расчете железобетонных конструкций необходимо учитывать связь между зависимостью $\sigma_б-\varepsilon_б$ и напряженно-деформированным состоянием элементов. Это особенно важно для расчета статически неопределенных конструкций в предельной стадии.

В целях упрощения расчета деформаций элементов с трещинами в растянутой зоне при длительном действии постоянной во времени нагрузки напряжение в бетоне $\sigma_б(t)$ можно принять неизменным в течение всего времени нагружения t. При этом расчет деформаций при кратковременном и длительном нагружении производят по одним и тем же зависимостям с введением соответствующих коэффициентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яшин А. В. Теория прочности и деформаций бетона с учетом его структурных изменений и длительности нагружения. — В сб. НИИЖБ:Новые исследования элементов железобетонных конструкций при различных предельных состояниях. — М., 1982.
2. Крылов С. М., Гуща Ю. П., Абаканов М. С. Перераспределение усилий в статически неопределимых железобетонных конструкциях, армированных сталями без площадки текучести. — В сб. НИИЖБ. Прочность, жесткость и трещиностойкость железобетонных конструкций. — М., 1979.
3. Берг О. Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. — М.: Стройиздат, 1961.
4. Улицкий И. И., Чжан Чжун-Яо, Голышев А. Б. Расчет железобетонных конструкций с учетом длительных процессов. — Киев: Будівельник, 1960.
5. Лемыш Л. Л. Расчет железобетонных конструкций по деформациям и несущей способности с учетом полных диаграмм деформирования бетона и арматуры. — В сб. ЦНИИпромзданий: Железобетонные конструкции промышленных зданий. — М., 1984.

УДК 624.012.45.073.001.2

Ю. П. БУЛЫГИН, С. Г. КОРЫТОВ, инженеры (Челябинский ПромстройНИИпроект)

Автоматизированное проектирование железобетонных плит

В практике проектирования железобетонных плит перекрытий нередко приходится выполнять расчет и конструирование плит, параметры которых (размеры, нагрузки, характеристики бетона и арматуры) не соответствуют типовым. Это связано с поиском и обработкой значительных объемов информации, с большим числом довольно сложных вычислений, выполняемых согласно требованиям [1—3]. В связи с этим проектирование плит без применения ЭВМ требует немалых затрат квалифицированного труда и времени. При этом точные, но более сложные методы расчета обычно заменяют приближенными, упрощенными. Без ЭВМ практически невозможно оптимизировать параметры плит, поскольку из-за недостатка времени трудно полностью и качественно проработать различные варианты плиты с расчетом ее стоимости на стадии рабочих чертежей.

Для повышения качества и эффективности проектирования плит в Челябинском ПромстройНИИпроекте создан вычислительный комплекс ВК ПЛИТА, работающий на ЭВМ ЕС-1022. Он основан на тех же принципах, что и ранее созданный комплекс ВК ТОРОС [4], применяемый в проектировании тоннелей с усовершенствованными уголковыми блоками, которые внедряются в ПСМО Челябметаллургстрой.

ВК ПЛИТА предназначен для расчета и конструирования плоских и ребристых плит с обычным и преднапряженным армированием. Плиты однопролетные, шарнирно опертые по двум сторонам, загружены равномерно распределенной нагрузкой q. С использованием формул, таблиц и указаний [1—3] в алгоритме ВК ПЛИТА формализованы рабочие (опалубочные и арматурные) чертежи плит.

На рис. 1 показана ребристая преднапряженная плита и схема ее армирования. Боковые грани плиты могут иметь уширения, которые включаются в расчет как свесы нижней полки. Для восприятия продольных сил, например, в плитах тоннелей, предусматриваются упоры различной конструкции.

Ребристая плита может иметь до девяти продольных ребер. Угол наклона поперечных торцевых ребер α задается конструктором; например, в преднапряженных плитах для удобства распалубки $\alpha = 45°$. Полку плиты обычно проектируют с вутами, которые учитывают в расчете. В полку можно заложить двойную арматуру — пролетную и надопорную. Последнюю заводят в ребра и включают в расчет вместе с поперечной арматурой.

Схемы армирования плит содержат до 15 позиций рабочей, распределительной и конструктивной арматуры, в том числе и строповочные петли. В ненапряженных и в плоских плитах некоторые позиции арматуры исключаются из расчета.

Вычислительный комплекс выдает спецификацию арматуры, расход материалов и стоимость плиты, может также находить оптимальную высоту плиты h, а для преднапряженной арматуры — ее оптимальное натяжение σ_0. При необходимости, например, в плитах перекрытия тоннелей ВК ПЛИТА учитывает продольную силу N, передаваемую от стен тоннеля на упоры плиты. Имеется возможность расчета контрольных нагрузок и прогибов для оценки прочности, жесткости и трещиностойкости плиты при испытании.

Исходные данные для работы ВК ПЛИТА представляют в виде табличных форм П1 и П2. В форму П1 конструктор записывает параметры, характеризующие конструкцию плиты и условия ее работы: опалубочные размеры, нагрузки q и N, марку бетона МБ, классы арматурной стали, данные о предварительном натяжении арматуры и др., — всего 70 параметров. Некоторые из них имеют часто повторяющиеся типовые значения, их можно автоматически принимать в расчет без записи в форму П1 — по принципу умолчания. Таким образом, в большинстве случаев достаточно задать 30—40 исходных параметров вместо 70.

Расчет плиты можно задать сразу на несколько ($\kappa_н$) последовательных нагрузок. При этом ВК выполняет $\kappa_н$ циклов, рассчитывая плиту в каждом из них на новую нагрузку q_i с приращением Δq в каждом цикле.

В свою очередь для каждой нагрузки q_i в каждом цикле i можно рассчитать несколько ($\kappa_м$) вариантов с различными марками с приращением ΔМБ (кратным

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

50) в каждом варианте. Такой способ задания позволяет за один прием автоматически рассчитать $к_в \times к_м$ вариантов плиты.

Цены на бетон и арматурную сталь хранятся в памяти ВК и могут изменяться заданием формы П2. При постоянных ценах форма П2 не задается. Исходные данные набивают построчно на перфокартах и вводят в ЭВМ, после чего ВК ПЛИТА начинает работу.

На рис. 2 показана схема вычислительного комплекса, состоящего из девяти функциональных блоков.

Блок 1 TABF осуществляет ввод и обработку исходных данных, назначает типовые параметры по умолчанию. Выдает на печать все исходные параметры, а в случае ошибки в них — указывает характер и место ошибки.

Блок 2 VARIA связывает все блоки в единое целое, осуществляя управление ВК. Хранит в памяти и передает исходные и расчетные параметры в рабочие блоки 3...9. Осуществляет переход от расчета одного варианта плиты к другому с изменением марки бетона $МБ_j$ — или от одного цикла расчета к другому — с изменением нагрузки q_i. При этом в каждом цикле i для нагрузки q_i VARIA выбирает плиту с наименьшей стоимостью — при оптимальной марке бетона.

В блоках 3...6 выполняется расчет плиты по предельным состояниям I и II групп. Согласно расчету для каждой позиции рабочей арматуры по сортаменту назначается диаметр стержней и их количество. В ненапряженных плитах часть растянутой арматуры можно оборвать в пролете в соответствии с эпюрой изгибающих моментов. Шаг поперечной арматуры определяется отдельно на крайних и средних участках плиты.

В блоке 3 имеется возможность находить оптимальную по стоимости высоту плиты h, а для ребристых плит — и оптимальную толщину полки $h_п$. Для преднапряженной арматуры можно найти оптимальное значение σ_0 — по условиям прочности и трещиностойкости.

Блок 7 CARTA учитывает конструктивные требования. Назначает распределительную и конструктивную арматуру, рассчитывает строповочные петли, окончательно определяет параметры каждой позиции для составления спецификации арматуры. Для изогнутых стержней кроме общей длины определяются длина отдельных участков и радиусы загибов. Далее подсчитывается масса стали, объем бетона и стоимость.

Блок 8 CONTROL рассчитывает контрольные нагрузки и прогибы для оценки прочности, жесткости и трещиностойкости плиты при ее испытаниях с заданным возрастом бетона t_c. При задании $t_c = 1$ выполняется сразу пять расчетов при возрасте бетона 3; 7; 14; 28; 100 сут, как для типовых плит. CONTROL может рассчитывать контрольные нагрузки, прогибы и трещины по этапам испытания. При $t_c = 0$ блок CONTROL не работает.

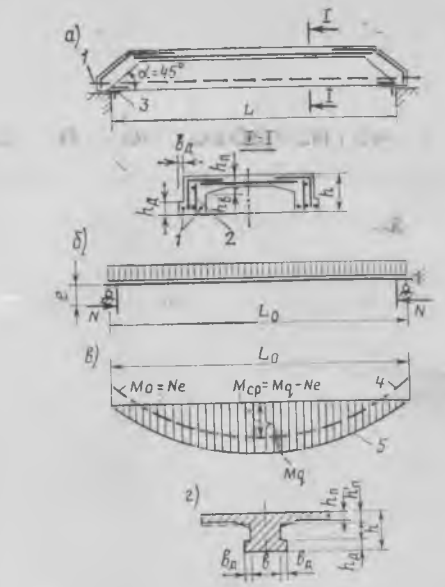


Рис. 1. Схема армирования и расчетная схема плиты

а — ребристая преднапряженная плита перекрытия тоннеля; *б* — схема загружения плиты; *в* — эпюра изгибающих моментов; *г* — расчетное сечение плиты; *1* — преднапряженная арматура; *2* — каркас поперечной арматуры; *3* — упор из стального уголка, приваренного к закладной детали плиты; *4* — эпюра изгибающих моментов от нагрузки q; *5* — то же, с учетом продольной силы N, действующей на упоры плиты

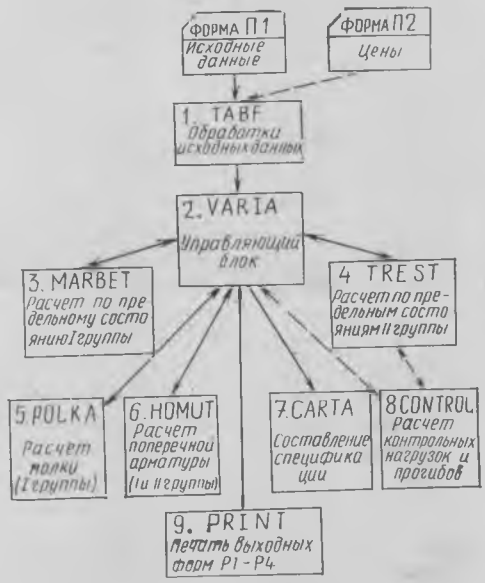


Рис. 2. Блок-схема ВК плита

Блок 9 PRINT для каждого цикла i, т. е. для каждой нагрузки q_i, организует печать результатов расчета в таблицах, по которым можно провести анализ и составить заключение о конструкции и работе плиты.

Все параметры, необходимые для выполнения рабочих чертежей плиты, распечатываются в виде спецификации арматуры с указанием размеров арматурных изделий.

Используя результаты расчета и заданную схему армирования, конструктор без особого труда может начертить плиту, ее арматурные изделия и спецификацию к ним. При наличии графопостроителя и специальной программы, дополняющей ВК, конечным результатом работы будет автоматизированное выполнение рабочих чертежей плиты.

Вычислительный комплекс ПЛИТА позволяет снизить затраты на проектирование. Так, например, без применения ЭВМ на расчет и конструирование одного варианта ребристой преднапряженной плиты необходимо затратить 33 чел-ч. С использованием ВК ПЛИТА эта работа выполняется за 1,5 ч, причем ЭВМ работает всего 1—2 мин, а остальное время занимает запись исходных данных в форму П1, нанесение их на перфокарту, чтение и анализ результатов счета. Экономический эффект при автоматизированном проектировании одного варианта плиты составляет 22,5 р. с учетом затрат на ЭВМ.

С помощью ВК ПЛИТА было проведено совершенствование плоских плит перекрытия тоннелей, применяемых в ПСМО Челябметаллургстрой. Для шести различных пролетов под четыре нагрузки запроектировали $6 \times 4 = 24$ основные плиты шириной 3 м и столько же доборных изделий шириной 1 м. При этом для каждой плиты рассматривали три варианта по маркам бетона: 200; 300; 400. Расчет проводили в три стадии. Вначале определяли оптимальную высоту плит $h_{опт}$ и по ней назначали унифицированное значение h. На второй стадии расчет вели уже с заданными высотами и для каждой плиты находили оптимальную марку бетона МБ. На третьей стадии рассчитывали только восемь плит — для уточнения классов арматурной стали, высот и марок бетона МБ. Всего было рассчитано более 160 вариантов плит, причем в задании по форме П1 заменялись лишь отдельные перфокарты.

Все расчеты вместе с анализом результатов и выдачей задания на выполнение рабочих чертежей были проведены за 10 дней. По сравнению с традиционным способом проектирования затраты

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

труда при этом (с учетом рассчитанных вариантов) были сокращены на 260 чел.-дней, а стоимость проектных работ на 2400 р.

Более точный расчет на ЭВМ, рациональная конструкция плит и оптимизация их параметров h и МБ позволили на 15—20% снизить расход стали и на 10—15% — стоимость плит.

По результатам расчета на ВК ПЛИТА Челябинский ПромстройНИИпроект разработал альбом рабочих чертежей усовершенствованных плоских плит перекрытия тоннелей. Чертежи приняты к внедрению в ПСМО Челябметаллургстрой.

С использованием ВК ПЛИТА были также рассчитаны новые ребристые преднапряженные плиты перекрытия тоннелей с пролетами L=2,4...4,8 м, под нагрузки q=3; 6; 9; 12; 15 тс/м² из бетона марок М300...М600. Плиты рассчитывали в три стадии с оптимизацией высот и марок бетона МБ и с унификацией опалубочных размеров. По сравнению с ребристыми ненапряженными плитами действующей серии 3.006-3 в плитах с преднапряженной арматурой класса Ат-V расход стали оказался на 10-40% ниже. Стоимость плит сокращается при этом на 5...20%. Наибольшая экономия достигается в плитах с большими пролетами и нагрузками.

Рассчитанные на ВК ПЛИТА ребристые преднапряженные плиты изготовляли в ПСМО Челябметаллургстрой. Проведенные контрольные испытания подтвердили возможность изготовления и применения ребристых преднапряженных плит перекрытия тоннелей в промышленном масштабе.

Использование вычислительного комплекса ПЛИТА значительно облегчает труд конструкторов и существенно снижает затраты на проектирование железобетонных плит перекрытия. Выполняемая в процессе работы ВК оптимизация параметров позволяет заметно снизить стоимость плит в основном за счет экономии арматурной стали.

Более подробную инструкцию можно получить в Челябинском ПромстройНИИпроекте по адресу: 454014, Челябинск-14, ул. Сталеваров, 7.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения). — М.: Стройиздат, 1977.
2. Руководство по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелого бетона. — М.: Стройиздат, 1978.
3. Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения). — М.: Стройиздат, 1977.
4. Булыгин Ю. П. Автоматизированное проектирование конструкций коммуникационных тоннелей. — Проектирование и инженерные изыскания, 1983, № 3.

УДК 624.012.35:531.23

Л. Л. ПАНЬШИН, канд. техн. наук (ЦНИИЭП торгово-бытовых зданий и туристских комплексов)

Диаграмма момент — кривизна при изгибе и внецентренном сжатии

Диаграмма момент — кривизна необходима для расчета железобетонных статически неопределимых систем с учетом перераспределения усилий например методом [1]. Практическая методика позволяет определить с необходимой для прикладных задач точностью параметры напряженно-деформированного состояния изгибаемого или внецентренно сжатого элемента на всех стадиях его работы и построить полную диаграмму деформирования.

Основной этап расчета заключается в вычислении высоты сжатой зоны бетона из уравнения равновесия проекций на продольную ось элемента внешних и внутренних сил, действующих в нормальном сечении:

$$N - \sigma_a' F_a' + \sigma_a F_a - R_{пр}\, b\, x\, \omega = 0, \quad (1)$$

где N — продольная сила; σ_a', σ_a — напряжения в верхней и нижней арматуре; b — ширина поперечного сечения элемента, ω — коэффициент полноты эпюры для сжатого бетона: $\omega = N_б/R_{пр}bx$; $N_б$ — равнодействующая напряжений в сжатой зоне бетона ($N_б = b\int_0^x \sigma_б dy$).

Напряжения в арматуре, имеющей площадку текучести:

$$\sigma_a = \varepsilon_a E_a \leqslant R_a;\ \sigma_a' = \varepsilon_a' E_a' \leqslant R_a', \quad (2)$$

где ε_a, ε_a' — деформации нижней или верхней арматуры; E_a, E_a' — модуль упругости арматуры; R_a, R_a' — расчетное сопротивление (предел текучести) арматуры.

Гипотеза плоских сечений позволила выразить деформации арматуры через деформации $\varepsilon_б$ крайнего верхнего волокна сжатой зоны бетона:

$$\varepsilon_a = \frac{\varepsilon_б (h_0 - x)}{x};\ \varepsilon_a' = \frac{\varepsilon_б (x - a')}{x}, \quad (3)$$

где h_0 — рабочая высота сечения; a' — толщина защитного слоя для верхней арматуры.

После подстановки (3) в (2), а затем в (1) получено уравнение для определения высоты сжатой зоны

$$R_{пр}\, b\, \omega\, x^2 + p\, x - q = 0, \quad (4)$$

где $p = \varepsilon_б E_a F_a k_a + R_a F_a l_a + \varepsilon_б E_a' F_a' k_a' + R_a' F_a' l_a' - N$;

$q = \varepsilon_б h_0 E_a F_a k_a + \varepsilon_б a' E_a' F_a' k_a'$,

причем $k_a = 1$ и $l_a = 0$, если $\varepsilon_a \leqslant \varepsilon_a^{п.п} = R_a/F_a$; $k_a = 0$ и $l_a = 1$, если $\varepsilon_a > \varepsilon_a^{п.п}$. Аналогичное правило принято для коэффициентов k_a' и l_a'.

Уравнение (4) позволяет представить высоту x сжатой зоны бетона как функцию, аргументом которой является значение деформации $\varepsilon_б$ верхнего волокна сжатой зоны бетона, поскольку коэффициент ω полноты эпюры напряжений в бетоне также зависит только от этой величины:

$$\omega = \int_0^x \frac{\sigma_б(y)}{R_{пр}}\, dy, \quad (5)$$

где y — расстояние от нейтральной оси до произвольного волокна сжатой зоны.

В соответствии с гипотезой плоских сечений деформации в произвольном волокне пропорциональны координате y, и любую аналитическую зависимость $\sigma = f(\varepsilon)$ для бетона можно представить как функцию этой координаты $\sigma_1 = f_1(\varepsilon_б, y)$, в которую в качестве параметра входит значение деформации верхнего сжатого волокна. Вводя затем безразмерную характеристику $r_б = \varepsilon_б/\varepsilon_б^{п.с}$ ($\varepsilon_б^{п.с}$ — деформации бетона при максимальных напряжениях, равных призменной прочности), безразмерную координату $\bar{y} = y/x$ произвольного волокна и вспомогательную функцию $f_2(r_б, \bar{y}) = \sigma/R_{пр}$, получаем из (5) формулу

$$\omega = \int_0^1 f_2(r_б, \bar{y})\, d\bar{y}, \quad (6)$$

позволяющую вычислить коэффициент ω при различных значениях относительной характеристики $r_б$ и параметров, входящих в аналитическую зависимость $\sigma = f(\varepsilon)$. В частности, для дробно-рациональной зависимости [2], в которую в качестве параметра входит коэффициент пластичности $\alpha_б = \varepsilon_б^{п.с} E_б/R_{пр}$, подынтегральная функция принимает вид

$$f_2 = \frac{\alpha_б r_б \bar{y}}{r_б^2 \bar{y}^2 + (\alpha_б - 2) r_б \bar{y} + 1} \quad (7)$$

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Из формул (6), (7) следует, что коэффициент ω зависит только от безразмерных характеристик — коэффициента пластичности $\alpha_б$ и относительной деформации $r_б$ крайнего верхнего волокна сжатой зоны и может быть рассчитан заранее (см. таблицу).

$r_б$	Коэффициенты при $\alpha_б$		
	3	4	5
0,25	0,308/0,660*	0,370/0,645	0,415/0,640
0,50	0,500/0,640	0,575/0,625	0,611/0,624
0,75	0,688/0,618	0,705/0,618	0,716/0,614
1,00	0,722/0,614	0,750/0,602	0,774/0,608
1,25	0,782/0,604	0,795/0,602	0,825/0,600
1,50	0,810/0,598	0,815/0,598	0,820/0,598

* Перед чертой — ω, после черты — $\bar{z}$.

В соответствии с физическим смыслом коэффициента ω, вытекающим из формулы (5), его значения изменяются в диапазоне $0<\omega<1$.

В таблице представлены также значения относительной характеристики $\bar{z}$, определенной по формуле

$$\bar{z} = \frac{\int_0^1 f_2(r_б, \bar{y})\, \bar{y}\, d\bar{y}}{\omega}, \quad (8)$$

используя которые, можно вычислить расстояние z от нейтральной оси до точки приложения равнодействующей напряжений в сжатом бетоне $z=\bar{z}x$.

Приведенные расчетные зависимости позволяют, задаваясь краевой деформацией $\varepsilon_б$, вычисляя затем значения ω по (6) и определяя x из уравнения (4), последовательно находить координаты диаграммы момент — кривизна на всех стадиях работы элемента. При этом значения момента M и кривизны $\varkappa$

$$\left.\begin{aligned} M &= R_{пр}\, b\, x\, \omega\, (h_0 - x + z) + \\ &+ \sigma_a'\, F_a'\, (h_0 - a') - N c; \\ \varkappa &= \frac{\varepsilon_a\, \psi_a + \varepsilon_б\, \psi_б}{h_0}, \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

где c — расстояние от растянутой арматуры до линии действия продольной силы N; ψ_a, $\psi_б$ — коэффициенты, учитывающие неравномерность распределения краевых деформаций по длине элемента.

Коэффициент $\psi_б$ на различных стадиях работы железобетонного элемента сохраняет примерно одинаковое значение, близкое к рекомендованным СНиП для стадии развития трещин [3, 4]. Коэффициент ψ_a в стадии трещинообразования постепенно увеличивается, становится равным единице при изгибающем моменте, соответствующем формуле (165) СНиП II-21-75, и при дальнейшем увеличении момента сохраняет постоянное значение до тех пор, пока напряжения в арматуре не достигнут предела текучести. Исследования [3, 4] свидетельствуют, что после появления текучести в растянутой арматуре коэффициент ψ_a снова уменьшается. Поэтому в пластической стадии работы элемента целесообразно принимать ψ_a в соответствии с [3, 4].

Наиболее существенные особенности диаграмм деформирования, построенных на основе изложений методики, иллюстрируются следующими примерами (для изгибаемых элементов). В расчетах принято: диаграмма работы бетона криволинейная с нисходящим участком по [2]; коэффициент пластичности бетона $\alpha_б=4$; соотношение расчетных сопротивлений арматуры и бетона $R_a/R_{пр}=20$; деформации арматуры в начале площадки текучести $\varepsilon_a^{п.п}=R_a/E_a=1{,}7\cdot10^{-3}$; деформации бетона при напряжениях, равных призменной прочности, $\varepsilon_б^{н.с}=2\cdot10^{-3}$. Рассмотрены варианты одиночного и двойного симметричного ар-

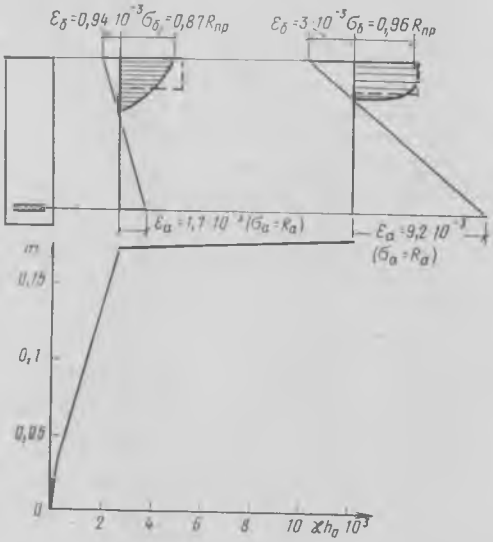


Рис. 1. Диаграмма момент — кривизна (одиночное армирование, $\mu=1\%$)

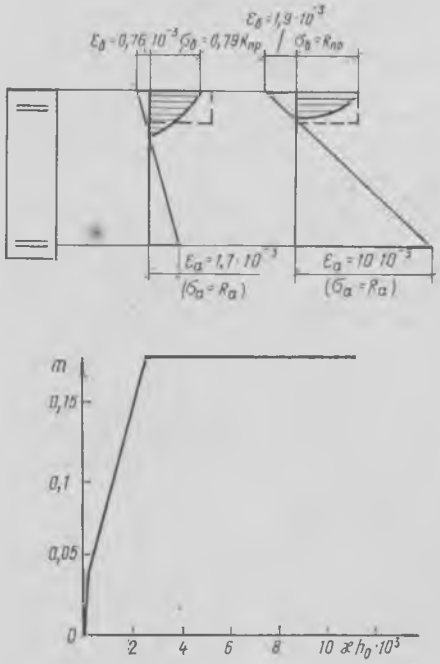


Рис. 3. Диаграмма момент — кривизна (двойное армирование, $\mu=1\%$)

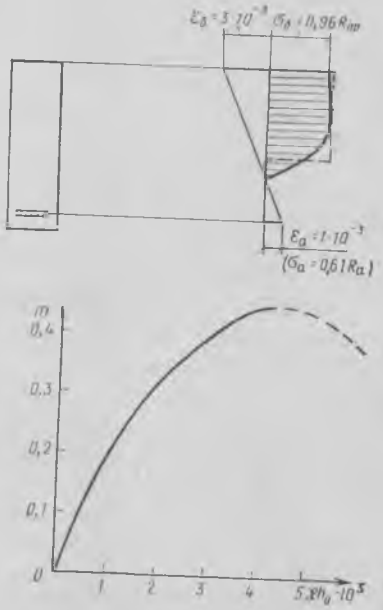


Рис. 2. Диаграмма момент — кривизна (одиночное армирование, $\mu=5\%$)

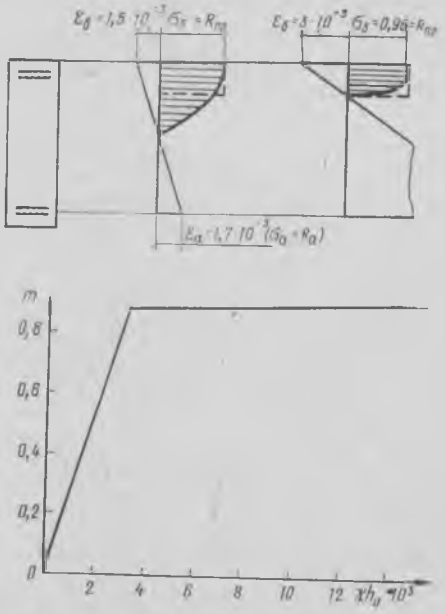


Рис. 4. Диаграмма момент — кривизна (двойное армирование, $\mu=5\%$)

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

мирования для элементов с $\mu = R_a F_a / bh_0 = 1\%$ и $\mu = 5\%$.

Для сечений с одиночной арматурой характер диаграммы зависит от процента армирования. Если количество арматуры меньше границы переармирования сечения, то диаграмма момент — кривизна имеет ярко выраженный перелом, соответствующий началу текучести растянутой арматуры (рис. 1), а в пределах пластической стадии наблюдается незначительное увеличение момента, сопровождающееся интенсивным нарастанием кривизны. Для переармированных сечений (рис. 2) нелинейные деформации целиком определяются нелинейными свойствами бетона и напряжения в сжатой зоне достигают предельных при напряжениях в растянутой арматуре, далеких от предела текучести. Диаграмма имеет характерную криволинейную форму и нисходящий участок, соответствующий стадии интенсивного разрушения бетона.

При двойном симметричном армировании конфигурация диаграммы не зависит от количества арматуры и имеет значительную пластическую зону. Наличие верхней арматуры всегда уменьшает напряжения в сжатой зоне бетона и снижает ее высоту (рис. 3, 4).

Оценка несущей способности по СНиП II-21-75 во всех случаях с высокой точностью совпадает с результатами расчетов по формуле (9).

Использование описанных методов построения расчетных диаграмм деформирования при проектировании конструкций позволяет повысить надежность принимаемых конструктивных решений, а также полнее учитывать действительную работу сложных железобетонных систем. Методика широко применяется в ЦНИИЭП торгово-бытовых зданий и туристских комплексов при разработке типовых железобетонных конструкций каркасно-панельных зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паньшин Л. Л. Неупругие деформации стержневых железобетонных систем. — Строит. механика и расчет сооружений, 1983, № 5.
2. Дроздов П. Ф., Дзюба В. А., Паньшин Л. Л. Метод экспериментального исследования деформаций в процессе разрушения бетонных и железобетонных конструкций. — В кн.: Деформирование железобетонных элементов на стадии, близкой к разрушению, при статических и динамических нагрузках. Тезисы докладов Всесоюзного координационного совещания. — Алма-Ата, 1982.
3. Гуща Ю. П. Об учете неупругих деформаций бетона и арматуры при оценке деформативности железобетонных конструкций в стадиях, близких к разрушению. — В кн.: Влияние неупругих свойств железобетона на работу и распределение усилий в статически неопределимых конструкциях. — М.: Стройиздат, 1975.
4. Чистяков Е. А., Мамедов С. С. Деформации внецентренно сжатых железобетонных элементов в стадии, близкой к разрушению. — В кн.: Теория железобетона. — М.: Стройиздат, 1972.

В помощь заводским лабораториям

УДК 691.327:620.179.11

В. С. РОЙФЕ, канд. техн. наук, К. Д. ТУХАРЕЛИ, инж. (НИИСФ)

Неразрушающий контроль влажности бетона в изделиях с отделочным слоем

Диэлькометрический метод измерения влажности легких и ячеистых бетонов по ГОСТ 21718—84 в течение многих лет используют на предприятиях строительной индустрии для оперативного контроля отпускной влажности бетонных изделий. Измерения проводят с помощью серийно выпускаемого влагомера ВСКМ-12, в комплект которого входит датчик с компланарными (расположенными в одной плоскости) электродами. Особенностью емкостных датчиков такой конструкции является неравномерность электрического поля, создаваемого в контролируемом объеме. При этом поверхностный слой материала оказывает превалирующее влияние на суммарную измеряемую емкость датчика [1]. Применительно к индустриальным изделиям из легких бетонов, имеющим, как правило, наружный отделочный или декоративный слой, это означает, что информация о свойствах бетона зависит от различия свойств поверхностного слоя и основной массы изделия. Кроме того, качество поверхности изделия (шероховатость, раковины, выступы и т. п.) также вносит дополнительную погрешность в результаты измерений. Существуют приемы уменьшения этих дополнительных погрешностей, т. е. повышения метрологических характеристик поверхностных емкостных датчиков.

Одним из наиболее простых в методическом плане и достаточно эффективным приемом является использование датчиков с дополнительным электродом эквипотенциальной защиты, расположенным между высоко- и низкопотенциальными электродами датчика [2]. Наличие на дополнительном электроде такого же потенциала, как на основном, ослабляет влияние поверхностного слоя, так как часть силовых линий поля, проходящих через этот слой, замыкается на дополнительный электрод, и в снимаемом с датчика сигнале доля поверхностного слоя уменьшена.

Нами предложен способ измерения свойств твердых материалов с помощью поверхностных датчиков, позволяющий практически полностью исключить влияние на результаты измерений поверхностного слоя материала переменной толщины.

Суть этого способа измерений заключается в том, что система компланарных электродов датчика создает в материале одновременно два электрических поля одной и той же частоты — основное и дополнительное, причем силовые линии дополнительного поля направлены встречно силовым линиям основного поля. При этом происходит компенсация полей в поверхностном слое материала определенной толщины, т. е. этот слой не влияет на измеряемую емкость датчика. Сущность предложенного компенсационного способа измерений поясняется на рис. 1. Основное поле, создаваемое между электродами *1* и *3* под действием разности потенциалов $\varphi_1 - \varphi_3$, имеет сравнительно большую глубинность. Дополнительное поле, создаваемое между электродами *1* и *2*, под действием разности потенциалов $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ имеет сравнительно малую глубинность. Если $\varphi_2 > \varphi_1$, то силовые линии дополнительного поля направлены навстречу силовым линиям основного поля. Поэтому в поверхностном слое материала, толщина которого определяется глубинностью дополнительного, из-за суперпозиции полей происходит их взаимная компенсация. Регулируя значение потенциала φ_2 на электроде *2*, изменяют напряженность дополнительного поля, а следовательно, и его глубинность, что позволяет компенсировать основное поле в поверхностном слое переменной толщины (Δ_1 и Δ_2). Результаты измерений емкости между электродами *1* и *3* не зависят от свойств поверхностного слоя толщиной Δ. При этом емкость определяется выражением

$$C_x = C_б + \left| C_{11} + C_{13} - C_{12} \frac{\Delta\varphi}{\varphi_1} \right|,$$

где $C_б$ — балластная емкость датчика (подложки, проводов и т. п.); C_{11} — собственная частичная емкость электрода *1*; C_{13} и C_{12} — частичная емкость

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

между электродами соответственно *1* и 3, *1* и *2*.

В силу того, что напряженность электрического поля, создаваемого компланарной системой электродов, максимальна на поверхности материала и нелинейно убывает по его толщине, в емкостях C_{11} и C_{13} существенно влияние поверхностного слоя материала, диэлектрические свойства которого могут заметно отличаться от остальной массы. Емкость C_{12} целиком определяется свойствами поверхностного слоя материала. Как видно из приведенного выражения, приращения емкостей $(C_{11}+C_{13})$ и C_{12} входят в C_x с противоположными знаками. Регулируя напряжение на электроде *2*, можно добиться (теоретически) полного устранения влияния поверхностного слоя материала заданной толщины и таким образом получить результаты измерения влажности бетона, не зависящие от вида отделочного слоя и качества его поверхности.

Для экспериментальной проверки теоретических предпосылок нового диэлькометрического способа измерений влажности использовали два влагомера ВСКМ-12. Датчик одного из них был снабжен дополнительным электродом для создания встречного поля, а в измерительную схему прибора введен дополнительный узел для создания нужного потенциала на электроде. Экспериментальные исследования проводили с бетонами различных видов (керамзитобетон, арболит, газобетон и др.). Для имитации различных видов поверхностного слоя бетона использовали керамическую плитку, сухую штукатурку, листовой асбестоцемент и воздух. Методика проведения экспериментов состояла в следующем: оба влагомера предварительно одновременно градуировали на том виде бетона, с которым проводили очередную серию экспериментов. Градуировку проводили по методике ГОСТ 21718—84 на образцах размером 250×250×100 мм без отделочных слоев. Затем оба влагомера настраивали на прямой цифровой отсчет в единицах влажности, после чего проводили параллельные измерения приборами на тех же образцах бетона. Эксперименты проводили по трем схемам, приведенным на рис. 2: *1* — датчик контактирует непосредственно с поверхностью бетона, при этом показания настроенного прибора соответствуют фактической влажности; *2* — между датчиком и поверхностью образца создается воздушный зазор различной толщины, имитирующий (для емкостного датчика) сухой отделочный слой; *3* — между датчиком и поверхностью образца помещается материал, реально используемый в качестве облицовки бетонных изделий, например керамическая плитка. В таблице в качестве примера приведены результаты экспериментов с образцами из легкого и ячеистого бетона, влажность которых близка реальным значениям в условиях производства изделий из этих материалов. Относительная погрешность измерения влажности бетона с отделочным слоем новым способом не превышает для наихудшего случая 10%, в то время как такие же измерения известным способом сопровождаются большими погрешностями, неприемлемыми в практике.

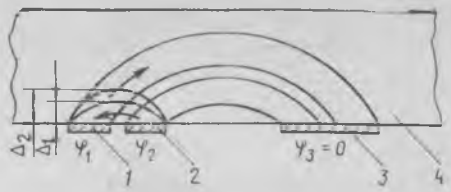


Рис. 1. К пояснению сущности способа диэлькометрических измерений с встречным полем
1—3 — номера электродов; *4* — контролируемый материал

Таким образом, применение нового способа измерений влажности с созданием встречного электрического поля в поверхностном слое материала позволяет ослабить влияние последнего на результаты измерений, что расширяет возможности диэлькометрического метода измерения влажности бетонов, установленного ГОСТ 21718—84.

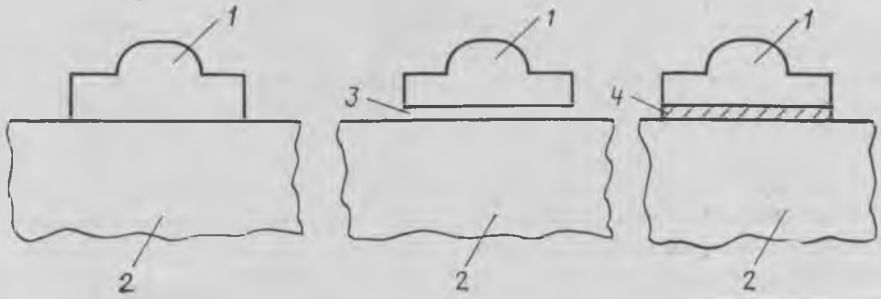


Рис. 2. Схемы экспериментов
1 — датчик; *2* — бетон; *3* — воздушный зазор; *4* — отделочный слой

Материал	Схема эксперимента	Имитатор отделочного слоя		Способ измерения	
		материал	толщина, мм	новый	известный
Керамзитобетон	1	—	—	15,2 / 0	15,2 / 0
	2	Воздух	0,6	14,6 / 3,9	11,8 / 22,4
	3	Керамика	6	14,4 / 5,3	8,7 / 42,8
Газобетон	1	—	—	25,4 / 0	25,4 / 0
	2	Воздух	0,6	22,9 / 28,0	15,8 / 37,8
	3	Асбестоцемент	8	23,1 / 9,1	9,0 / 64,6

Примечания: 1. Для керамзитобетона $\gamma=1200$ кг/м³, $W=15{,}2\%$, а для газобетона — соответственно 500 и 25,4.
2. Над чертой даны показания прибора, под чертой — относительная погрешность в %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матис И. Г. Электроемкостные преобразователи для неразрушающего контроля. — Рига: Зинатне, 1977.
2. Бугров А. В. Высокочастотные емкостные преобразователи и приборы контроля качества. — М.: Машиностроение, 1982.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 693.546.4

И. Е. СЕСЬКИН, канд. техн. наук (Куйбышевский инженерно-строительный ин-т)

Свойства виброгидропрессованного бетона на щебне из фосфорного шлака

На ПО Куйбышевфосфор ежегодно образуется около 300 тыс. м³ расплавленного шлака, который по основным физико-механическим характеристикам близок к граниту (табл. 1).

Использование его в качестве крупного заполнителя в бетоне и, в частности, для напорных виброгидропрессованных труб согласно ТУ 65.281—79 позволяет получать вследствие снижения транспортных расходов и улучшения качества конструкций экономический эффект более 100 тыс. р. в год только по одному заводу ЖБИ-7 Главсредневолжскстроя в г. Куйбышеве.

Широкому применению данного заполнителя в бетоне напорных труб предшествовало проведение комплексных экспериментальных исследований характеристик виброгидропрессованного бетона, необходимых при расчете напорных труб: прочности, модуля упругости и деформативности при длительном действии нагрузки.

Свойства бетона изучали на образцах-цилиндрах диаметром 12, высотой 48 см, изготовленных в специальных пресс-формах, способных моделировать процесс твердения бетона в трубах. Образцы из бетона на гранитном и шлаковом заполнителях твердели под давлением 3 и 6 МПа. Для сопоставления были изготовлены образцы из исходного бетона, твердеющие при атмосферном давлении. Все образцы подвергнуты термообработке по режиму: подъем температуры до 85°С — 2 ч; выдерживание при этой температуре — 8 ч; равномерное остывание — 2 ч.

Для приготовления бетона использовали портландцемент для асбестоцементных изделий, крупный заполнитель (щебень из шлака фосфорного производства и гранитный щебень), отвечающий требованиям ТУ 65.280—79 и ГОСТ 17539—72. Основные характеристики щебня следующие:

Объемная масса, г/см³	2,50/2,66*
Объемно-насыпная масса, кг/л	1,47/1,24
Пустотность, %	41,20/53,60
Дробимость, %	13,40/13,60

* Перед чертой — гранитный щебень, после черты — шлаковый.

Расход составляющих на 1 м³ бетонной смеси, кг: щебень фракции 5...10 мм — 1000; песок с $M_{кр}=2{,}54$—700; цемент марки 500—500; вода — 200.

Исследованиями установлено, что использование в качестве крупного заполнителя в бетоне шлака фосфорного производства, имеющего более высокий модуль упругости, чем гранит, повлекло за собой увеличение (до 20%) и модуля упругости самого бетона. Прочность же такого бетона при этом оставалась практически равной прочности бетона на гранитном заполнителе (табл. 2).

Таблица 1

Объемная масса, г/см³	Прочность при сжатии, МПа	Модуль упругости $E\cdot10^4$ при $\sigma=0{,}2\,R_{разр}$, МПа	Деформации $\varepsilon\cdot10^5$ при $R_{разр}$
2,58	101,1	6,8	135
2,61	91,1	7,3	118
2,73	93,3	6,7	144
2,60	93,3	6,8	125

Наличие тесной корреляционной связи между прочностью бетона и опрессовочным давлением позволяет принятую зависимость для прогнозирования прочности виброгидропрессованного бетона в трубах* записать (при $P_{опр}\leqslant$ (6 МПа) в виде

$$R_в = R_и K = R_и\left(1+\frac{6{,}43\,P_{опр}-0{,}54\,P_{опр}^2}{25{,}8}\right), \quad (1)$$

где $R_и$ — прочность исходного бетона, МПа; K — коэффициент упрочнения; $P_{опр}$ — опрессовочное давление, МПа.

Анализ результатов испытания образцов в возрасте от 3 сут до 4 лет (рис. 1) свидетельствует о том, что численные значения коэффициентов упрочнения, полученные опытным путем (табл. 3) и вычисленные по зависимости (1), удов-

* Попов А. Н., Ционский А. Я., Хрипунов А. А. Производство железобетонных напорных виброгидропрессованных труб. — М.: Стройиздат, 1979.

Таблица 2

Бетон		Исследуемые характеристики, МПа	Возраст бетона в момент испытания, сут: 7	60	360	360**	360***
Исходный		$R_{пр}$	24,60*/24,00	31,20/29,50	29,70/30,00	30,50/36,00	34,00/36,00
		$E_б\cdot10^4$	3,25/2,58	3,51/2,66	3,72/2,82	3,80/2,90	3,69/2,68
Твердеющий под давлением, МПа	3	$R_{пр}$	42,05/38,95	45,50/47,60	45,50/47,80	47,50/53,50	53,00/56,50
		$E_б\cdot10^4$	4,30/3,49	4,15/3,44	4,41/3,58	4,60/3,65	4,50/3,50
	6	$R_{пр}$	43,95/43,95	54,90/53,20	54,30/53,70	5,50/54,00	55,40/55,00
		$E_б\cdot10^4$	4,70/3,57	4,32/3,55	4,79/3,65	4,87/3,71	4,72/3,61

* Над чертой — характеристики бетона на шлаковом щебне; под чертой — на гранитном;
** — Образцы, подвергнутые испытаниям на ползучесть при $\sigma_б=0{,}3\,R_{пр}$;
*** — То же, при $\sigma_б=0{,}6\,R_{пр}$.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

летворительно согласуются между собой, расхождение составляет не более 7%.

В ходе экспериментов установлено, что сброс опрессовочного давления с затвердевшего виброгидропрессованного бетона сопровождается возникновением в нем деформаций распрессовки $\varepsilon_p(t)$. Возникновение этих деформаций связано с разгрузкой составляющих бетона (крупного и мелкого заполнителя, непрореагировавшегося цементного камня, воздуха в порах и капиллярах), которые в процессе гидропрессования были обжаты внешним опрессовочным давлением. Деформации распрессовки состоят из упругих, возникших вслед за снятием давления ε_{p0}, и неупругих, продолжающих увеличиваться во времени ε_{pt}.

Таким образом, собственные деформации виброгидропрессованного бетона

$$\varepsilon_c(t) = \varepsilon_{ус.в}(t) - \varepsilon_p(t) = \varepsilon_{ус.в}(t) - (\varepsilon_{p0} + \varepsilon_{pt}), \quad (2)$$

где $\varepsilon_{ус.в}(t)$ — деформации усадки виброгидропрессованного бетона к моменту времени t.

Таблица 3

Опрессовочное давление, МПа	Число опытов	Среднее арифметическое значение коэффициента упрочнения	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации	Абсолютная ошибка средней	Нижний доверительный интервал генеральной средней при 5%-ном уровне значимости
3	40	1,62	0,19	0,118	0,03	1,53
6	27	1,877	0,153	0,091	0,029	1,78

Непосредственное измерение деформаций распрессовки представляет известные трудности, поскольку образцы изготавливают в специальных пресс-формах и установить на них приборы (до сброса давления) не представляется возможным. Поэтому было решено регистрацию деформаций, возникших в момент снятия давления, произвести с помощью измерительного стержня (полый арматурный стержень периодического профиля), заложенного в пресс-форму до бетонирования образца.

Результаты экспериментальных исследований, приведенные на рис. 2, свидетельствуют, что в образцах, подвергнутых виброгидропрессованию в первые 5—10 сут после сброса давления наблюдалось нарастание деформаций распрессовки — увеличение образцов в объеме (вместо уменьшения, как это отмечается в исходном бетоне). Это явление характерно для виброгидропрессованного бетона как на гранитном, так и на шлаковом щебне.

Суммарные собственные деформации, полученные сложением деформаций распрессовки с усадочными, приведены на

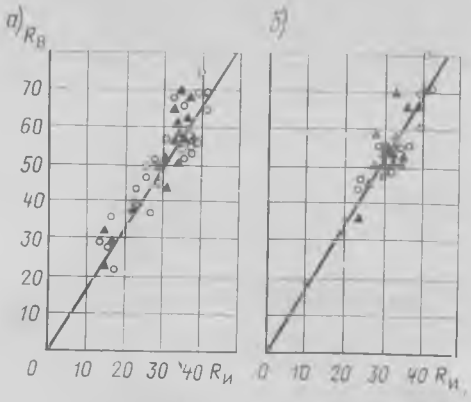


Рис. 1. Зависимости между прочностью виброгидропрессованного и исходного бетонов при твердении под давлением 3 (*а*) и (*б*) МПа ▲ — гранитный щебень; ○ — шлаковый щебень

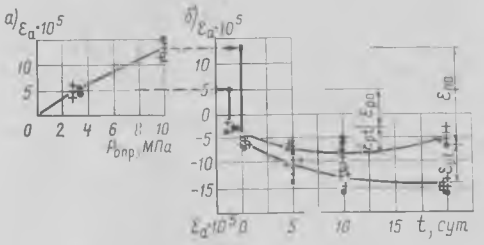


Рис. 2. Деформации арматурного стержня в опытных образцах из бетона на шлаковом (●) и гранитном (+) щебне, твердеющего под давлением 3 и 10 МПа

а — при прессовании; *б* — после снятия опрессовочного давления

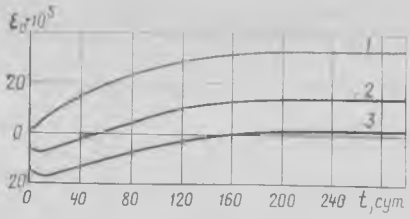


Рис. 3. Суммарные деформации усадки и распрессовки образцов из бетона на щебне из шлака фосфорного производства

1 — исходный бетон; *2* — твердеющий под давлением 3 МПа: *3* — то же, 6 МПа

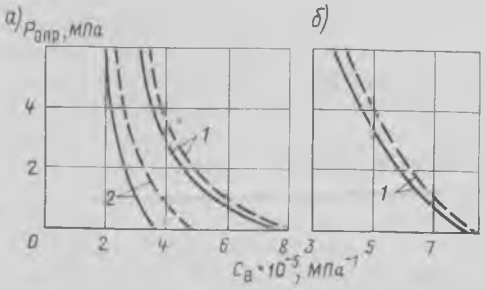


Рис. 4. Зависимость удельной меры ползучести бетона на шлаковом (——) и гранитном (— — —) щебне от опрессовочного давления

а — при уровне загружения $0{,}3R_{пр}$; *б* — то же, при $0{,}6R_{пр}$; *1* — возраст бетона в момент нагружения 7 сут; *2* — то же, 60 сут

рис. 3. При соответствующем подборе опрессовочного давления можно получить такой бетон, в котором деформации распрессовки превышают усадочные, тогда в армированных конструкциях из виброгидропрессованного бетона будет наблюдаться эффект самонапряжения, т. е. арматура окажется растянутой, а бетон сжатым.

Представленные на рис. 4 зависимости меры ползучести виброгидропрессованного бетона от опрессовочного давления показывают, что виброгидропрессование оказывает заметное влияние и на величину деформаций ползучести. Так, при твердении бетона под давлением до 6 МПа мера ползучести бетона снижается по затухающей кривой. В интервале давления от 0 до 3 МПа наблюдается интенсивное уменьшение меры ползучести, а с увеличением давления от 3 до 6 МПа скорость снижения заметно замедляется, особенно бетона, загруженного в раннем возрасте.

Использование в качестве заполнителя в бетоне шлака фосфорного производства привело к некоторому (до 10%) уменьшению деформаций ползучести как виброгидропрессованного, так и исходного бетона.

Выводы

Использование в качестве крупного заполнителя в бетоне щебня из шлака фосфорного производства (вместо гранитного) наряду со снижением себестоимости труб способствует и некоторому повышению их трещиностойкости, так как наблюдавшееся при этом увеличение модуля упругости и снижение длительных деформаций при одинаковой прочности бетонов уменьшают потери преднапряжения.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 691.327:536.485

О. С. ИВАНОВА, С. Х. ЯРЛУШКИНА, кандидаты техн. наук, С. А. МИРОНОВ, д-р техн. наук (НИИЖБ); Л. Е. ЖУРАВЛЕВА, канд. техн наук (ДальНИИС)

Морозостойкость бетона на высокоалюминатных портландцементах с добавками

Практика и многочисленные исследования подтверждают, что бетоны на высокоалюминатных портландцементах обладают низкой морозостойкостью. Как правило, морозостойкость таких бетонов даже при изготовлении образцов в лабораторных условиях — при тщательном подборе состава, точном дозировании компонентов смеси, низком водоцементном отношении и плотной укладке не превышает Мрз 150.

В то же время в Восточных и Северных районах нашей страны на Норильском, Невьянском, Спасском и других заводах выпускают портландцементы с высоким содержанием C_3A (до 13—15%), а морозостойкость бетона, требуемая проектами, как правило, составляет Мрз 200...300 и выше.

В лаборатории методов ускорения твердения бетона НИИЖБ и отделе бетона и коррозии ДальНИИС проведены работы по повышению морозостойкости бетона на высокоалюминатных портландцементах. Использован портландцемент марки 400 Норильского завода с содержанием C_3A 11% и для сравнения — цементы Белгородского и Воскресенского заводов, т. е. низко-и среднеалюминатные. Характеристика используемых материалов приведена в табл. 1.

Известно [1, 2, 3], что морозостойкость бетона может быть повышена при введении в смесь воздухововлекающих и комплексных добавок. Однако при этом нормы требуют во многих случаях применения портландцемента с ограниченным до 6...8% содержанием C_3A, что затрудняет использование местных материалов.

Авторами исследованы возможности получения бетона с Мрз 300...400 на высокоалюминатных портландцементах путем введения в бетонную смесь химических добавок.

Добавками служили воздухововлекающие СНВ и СПД, а также комплексные СНВ+СДБ и СНВ+$NaNo_2$ (табл. 2).

Морозостойкость бетона определяли по методике ГОСТ 10060—76 на образцах-кубах с ребром 100 мм. Образцы твердели в нормальных условиях, затем испытывались на морозостойкость в возрасте 28 сут.

Анализ результатов (см. табл. 2) показывает, что морозостойкость бетонов без добавок, твердеющих в нормальных условиях, возрастает с уменьшением алюминатности используемых цементов. При этом наибольшее количество циклов (Мрз 200) переменного замораживания выдержали бетоны на низкоалюминатном белгородском цементе, а наименьшее (всего 125 циклов) — бетоны на высокоалюминатном норильском цементе.

Таблица 1

Завод-изготовитель цемента	Содержание основных минералов в клинкере, %			
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
Белгородский	60	20	4—6	13
Воскресенский	57	15	8	16
Норильский	53	20	11	11

Примечание. Песок — кварцевый Люберецкого карьера с М =1,7, щебень — Москворецкого карьера фракции 5—20 мм.

Таблица 2

Количество и вид добавки, % массы цемента	О.К. смеси, см	$R_{сж}$ бетона до начала испытания, МПа	Марка, Мрз
Бетон на норильском портландцементе марки 400			
—	4	35	125*
0,01СНВ	5	29,5	150
0,03СНВ	5	29,1	250*
0,01СНВ+0,25СДБ	7	37,7	400
0,01СНВ+7$NaNO_2$	6	38,2	300
Бетон на воскресенском портландцементе марки 400			
—	4	30	140*
0,03СНВ	5	28	400
0,01СНВ+0,25СДБ	7	17,6	400
0,01СНВ+7$NaNO_2$	6	28,6	400
Бетон на белгородском портландцементе марки 400			
—	6	30	200
0,03СНВ	7	29,2	400
0,01СНВ+0,25СДБ	9	26,9	300
0,01СНВ+7$NaNO_2$	9	28	400

* Число циклов до разрушения.

Введение воздухововлекающей добавки СНВ привело к повышению морозостойкости бетона на высокоалюминатном норильском портландцементе до 250 циклов переменного замораживания и оттаивания, в то время как морозостойкость бетона на низко- и среднеалюминатном цементе при прочих равных условиях возрастала до Мрз 400.

Следовательно, введения одной воздухововлекающей добавки СНВ в рекомендуемых пределах (0,01—0,03% массы цемента) недостаточно для получения высокой морозостойкости бетона (Мрз 300...400) на высокоалюминатном портландцементе. Применение добавки в бо́льшем количестве нецелесообразно, так оно требует увеличенного расхода цемента для компенсации понижения прочности бетона вследствие повышенного содержания в нем воздуха, а также из-за высокой стоимости добавки.

Более эффективным оказалось использование комплексной воздухововлекающей и пластифицирующей добавки СНВ+СДБ. С ее применением морозостойкость бетона на норильском цементе возросла более чем в 3 раза и достигла 400 циклов замораживания и оттаивания. Следует отметить, что аналогичную морозостойкость показали бетоны на воскресенском цементе. Для бетона на низкоалюминатном белгородском портландцементе эта добавка оказалась менее эффективной, ее применение также повысило морозостойкость бетона, но не в 3, а всего в 1,5 раза. Следовательно использование добавки СНВ+СДБ наиболее эффективно в бетонах на портландцементах с высоким содержанием C_3A, так как позволяет увеличить морозостойкость бетона до Мрз 400.

Для объяснения полученной зависимости морозостойкости бетона от содержания C_3A в портландцементе при введении добавки СНВ+СДБ нами была исследована плотность цементного камня полученных бетонов на всех принятых в работе портландцементах.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Известно, что плотность цементного камня можно охарактеризовать степенью водонасыщения (W_{max}), определенной по методике Туркестанова [4]. Согласно полученным данным, бетоны на белгородском цементе с добавкой СНВ+СДБ обладают большей степенью водонасыщения (W_{max}=3,19%) по сравнению с бетонами на воскресенском и норильском цементах, у которых W_{max} соответственно составляет 2,1% и 0,7%. Из этого следует что цементный камень в первом случае содержит большое количество пор, наиболее доступных для насыщения водой, и тем самым наиболее опасных для структуры бетона в условиях замораживания. По мнению различных авторов [3, 5], к таким порам относятся главным образом капилляры с диаметром от 0,1 до 1 мкм, которые благоприятствуют впитыванию и миграции жидкости в бетоне.

Более высокая плотность цементного камня в бетонах с добавкой СНВ+СДБ на цементах с повышенным содержанием алюминатов объясняется спецификой действия гидрофилизующей добавки СДБ на различные составляющие цемента. Адсорбция молекул СДБ происходит не только на клинкерных зернах, но и на зародышах продуктов гидратации и прежде всего на первоначально образующихся кристаллогидратах алюминатов кальция [3]. Это приводит к стабилизации их роста и накоплению в цементном тесте большого количества тонкодисперсной массы, в результате чего при последующем твердении в бетонах на высокоалюминатном цементе формируется более плотная, чем на низко- и среднеалюминатных цементах, структура цементного камня. Кроме того, скопление в цементном камне тонкодисперсных продуктов гидратации алюминатных фаз, обладающих согласно [6], свойствами вязких тел, способных при деформации структуры восстанавливать ее, приводит к повышению сопротивляемости цементных перегородок воздействию сил, возникающих при замораживании и оттаивании бетонов.

Таким образом, применяя высокоалюминатный портландцемент, можно получить морозостойкий бетон путем введения в смесь комплексной добавки СНВ+СДБ, способствующей образованию на этом виде цемента в 3...5 раз большего числа условно-замкнутых воздушных пор, чем при одной добавке СНВ, и формированию более плотной, чем на других видах цемента, структуры цементного камня перегородок.

Известно [3], что совместное применение воздухововлекающей добавки и электролита приводит к существенному увеличению морозостойкости бетона. Была исследована морозостойкость бетона на всех видах цемента с добавкой СНВ+$NaNO_2$. Как видно из табл. 2, эта добавка позволила повысить морозостойкость бетона на высокоалюминатном цементе, который выдержал 300 циклов замораживания и оттаивания. Однако для высокоалюминатного цемента эта добавка оказалась менее эффективной, чем СНВ+ +СДБ для более низких по алюминатности цементов. Так, бетоны с добавкой СНВ+$NaNO_2$ на белгородском и воскресенском цементах выдержали 400 циклов замораживания.

Основное действие электролитов на морозостойкость бетонов заключается в снижении температуры замерзания жидкости в порах и ускорении процесса гидратации и твердения. По нашим данным, увеличение степени гидратации в среднем на 25 — 30% за счет введения добавки $NaNO_2$ фиксируется только на ранних стадиях твердения в бетоне на низкоалюминатном белгородском цементе. Фазовый состав новообразований цементного камня при этом не изменяется.

Другая картина наблюдается в бетоне на высокоалюминатном норильском цементе, где по данным рентгенофазового и дифференциально-термического анализов в составе гидратных образований цементного камня отмечается наличие продуктов взаимодействия с добавкой гидронитроалюмината кальция ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3Ca(NO_2)_2 \cdot 10H_2O$). Образование трудно растворимой соли гидронитроалюмината кальция происходит при гидратации цемента с добавкой $NaNO_2$ в результате взаимодействия нитрит иона с алюминатами только после связывания гипса в гидросульфоалюминат кальция. Уменьшение концентрации нитрит натрия в жидкой фазе цементного камня в свою очередь приводит к снижению противоморозного эффекта действия добавки. Поэтому использование комплексной добавки СНВ+$NaNO_2$ является более перспективным для повышения морозостойкости бетонов на низкоалюминатных цементах.

Таким образом, для достижения высокой морозостойкости бетона на высокоалюминатном цементе требуется обеспечение всех благоприятных факторов. В этом случае необходимым условием следует считать применение химических добавок, из которых наиболее эффективна композиция из воздухововлекающей и пластификатора (СНВ+СДБ). Она не только способствовала образованию резервной воздушной пористости, но и обеспечила создание плотной, тонкодисперсной структуры самих цементных перегородок. Введение этой добавки в оптимальных количествах способствовало получению на высокоалюминатном портландцементе морозостойкого бетона с Мрз 400.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миронов С. А., Лагойда А. В. Бетоны, твердеющие на морозе. — М.: Стройиздат, 1975.
2. Горчаков Г. И., Капкин М. М., Скрамтаев Б. Г. Повышение морозостойкости бетона в конструкциях промышленных и гидротехнических сооружений. — М.: Стройиздат, 1965.
3. Ратинов В. Б., Иванов Ф. М. Химия в строительстве. — М.: Стройиздат, 1969.
4. Туркестанов Г. И. Пористость цементного камня и качество бетона. — Бетон и железобетон, 1964, № 11.
5. Шейкин А. Е. Структура, прочность и трещиностойкость цементного камня. — М.: Стройиздат, 1974.
6. Ребиндер П. А., Логгинов Г. И. Новые физико-химические пути в технологии строительных материалов. Вестник АН СССР, 1951, № 10.

На ВДНХ СССР

Автоматическое регулирование температуры в камерах периодического действия и термоформах

В СКТБ Главмоспромстройматериалов разработана система, предназначенная для автоматического регулирования температуры в камерах периодического действия или термоформе по заданной программе.

Система снабжена сигнализацией, извещающей о начале и окончании процесса, позволяет регистрировать температуру среды и расход теплоносителя в 6 установках периодического действия. Она состоит из электронного регулятора Р-31 и электронного автоматического многоточечного моста КСМ, датчика температуры типа ТСМ, дифференциального манометра типа ДМ, вторичного прибора типа КСД.

Пределы регулирования температур — от 0 до 100°С, закон регулирования — позиционный.

Внедрение системы обеспечивает существенную экономию тепловой энергии — до 20%.

Дополнительные сведения можно получить по адресу: 107066, Москва, Спартаковская ул., д. 2а, СКТБ Главмоспромстройматериалов.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 691.327:678.019.3

Ю. В. ЗАЙЦЕВ, д-р техн. наук, проф. (ВЗПИ); В. И. КОНДРАЩЕНКО, канд. техн. наук (ХИИТ); Т. Л. ГРЕКОВА, инж. (Донецкий ПромстройНИИпроект)

Применение в технологических исследованиях структурно-имитационного моделирования процессов разрушения бетона

По современным представлениям технология композиционных материалов, в частности бетона, представляет собой стохастическую многопараметрическую технико-экономическую систему, целью функционирования которой является достижение материалом определенных свойств [1].

Наиболее эффективный способ изучения таких сложных систем — структурно-имитационное моделирование, относящееся к новому научному методу исследований — вычислительному эксперименту, под которым понимаются создание и изучение математических моделей исследуемых объектов с помощью ЭВМ [2]. Необходимость привлечения вычислительного эксперимента в технологических исследованиях объясняется трудностью или невозможностью теоретического или экспериментального изучения некоторых вопросов традиционными методами, к которым относится и установление взаимосвязи структуры и свойств материала.

Известно, что бетонные изделия уже на стадии изготовления имеют начальные дефекты структуры. С точки зрения разрушения материала, к наиболее опасным относятся трещиноподобные дефекты, один из основных размеров которых намного меньше остальных. Развитие таких дефектов под нагрузкой описывается методами механики разрушения, позволяющими объединить статистические и физические представления как о структуре материала, так и о процессах его разрушения [3].

В рамках двухмерной задачи модель бетона плотной структуры на щебневидных пористых заполнителях представляет собой матрицу (цементно-песчаный камень) в виде пластины единичной толщины, размеры которой соответствуют размерам сторон стандартных образцов. На поверхности матрицы случайным образом расположены начальные дефекты структуры и выпуклые многоугольники с произвольным числом вершин, стороны которых имитируют контактную зону, а сами многоугольники — включения (зерна крупного заполнителя) [4].

Для описания поведения подобной системы при действии кратковременной сжимающей нагрузки принимают, что начальные дефекты структуры — поры матрицы и включений — имитируются круглыми отверстиями с выходящими на их контур двумя коллинеарными трещинами нормального разрыва; материал между начальными дефектами структуры однороден, изотропен и, кроме зон, непосредственно примыкающих к вершинам трещин работает упруго; развитие трещин под нагрузкой происходит согласно гипотезе Леонова — Панасюка [5].

С использованием модели трещины по этой гипотезе получено уравнение, описывающее взаимосвязь сжимающей нагрузки q с размерами изолированных (при $N=1$, $T_m=0$), слившихся (при $N>1$, $T_m>0$) дефектов и зигзаг-трещин (при $N\geqslant 1$, $T_m\neq 0$), образовавшихся при огибании включений прямолинейными трещинами

$$q=\frac{\sqrt{\pi}\,K_{\mathrm{I}\,c\,i}\,\nu_i\sqrt{a_1+a_N}}{\varphi\,(a_N,\ b_M)},$$

где

$$\varphi\,(a_N,\ b_M)=\sum_{n=1}^{N}\int\left[\frac{r_n^2}{2\,(\xi\pm C_n)^2}-\frac{3\,r_n^4}{2\,(\xi\pm C_n)^4}\right]\sqrt{\frac{a_1+\xi}{a_N-\xi}}\,d\,\xi+\left(\frac{K_{\mathrm{I}\,c}}{K_{\mathrm{II}\,c}}\right)_i\sum_{m=1}^{M}T_m\sqrt{\frac{a_1+b_m}{a_N-b_m}};$$

ν — коэффициент, учитывающий неоднородность макроструктурных напряжений в модели; T — сила трения, действующая на грани, по которой трещина огибает включение; $K_{\mathrm{I}c}$, $K_{\mathrm{II}c}$ — критические коэффициенты интенсивности напряжений при нормальном разрыве и плоском сдвиге.

Пределы интегрирования в уравнении распространяются на зоны растягивающих напряжений, действующих около начальных дефектов структуры; индекс i принимает значения м (матрица), к (контактная зона) или в (включение) в зависимости от местоположения вершины трещины.

С использованием разработанной математической модели процесса разрушения бетона при сжатии проведена оценка степени влияния параметров макроструктуры на прочность легкого бетона и компонентов его макроструктуры. Она заключалась в определении изменения прочности модели-аналога ($q_{\text{ан}}$), вызванного варьированием исследуемого параметра макроструктуры (p). Геометрические (размер, количество, неоднородность пор по размерам, форма включений и др.) и физические (модуль упругости, коэффициент Пуассона и др.) параметры макроструктуры в модели-аналоге назначали с учетом экспериментальных данных: для включения с использованием уравнения $y=f(\rho_m)$, а для матрицы $y=\varphi[C;\ (B/Ц)_{\text{ист}};\ R_{\text{а}}]$ (y — свойство матрицы или включений; ρ_m — средняя плотность щебня в зерне; C — концентрация цементного теста в растворе; $R_{\text{а}}$ — активность цемента), полученных методами регрессионного анализа и планирования эксперимента.

Модель-аналог пористого заполнителя (включений) представляет собой пластину единичной толщины размером 30×90 мм с 50 начальными дефектами структуры, диаметром 0—2 мм. Координаты центров и ориентация начальных дефектов структуры считали независимыми случайными величинами, равномерно распределенными по высоте, ширине пластины и в пределах угла $\pm\pi/3$ относительно q. При этом отмечается не только внешняя аналогия, но и более глубокая взаимосвязь в развитии процесса разрушения на модели и в образце: распределение численных значений разрушающей нагрузки на модели близко к нормальному закону, характерному для натурных испытаний.

Известно, что между прочностью и пористостью материалов существует экспоненциальная зависимость. Оценка степени влияния размера (при фиксиро-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ванном числе дефектов) и их числа (при фиксированном диаметре дефектов) на прочность пористого заполнителя подтверждает это положение и, кроме того, позволяет выявить неравнозначность степени их влияния: при большем, чем в модели-аналоге, значении исследуемого параметра, наибольшее влияние на снижение прочности пористого заполнителя оказывает размер пор, при меньшем — их число в материале (рис. 1).

На модели-аналоге цементно-песчаного камня (матрицы) размером 40×160 мм с 50 начальными дефектами структуры, со средним диаметром 0,1 мм произведена оценка степени влияния неоднородности размеров пор на свойства материала. Степень влияния неоднородности начальных дефектов структуры, характеризуемой коэффициентом вариации диаметра пор v_d, на свойства цементно-песчаного камня оценивали по изменению прочности ($q/q_{а.н}$) и разбросу свойств материала по этому показателю (v_q) (рис. 2). Из рис. 2 следует, что при прочих равных условиях увеличение неоднородности пор по размерам с 0 до 57% снижает прочность на 18% и повышает разброс прочностных показателей в 2 раза. Последнее обстоятельство существенно при назначении нормативной прочности — в соответствии со СНиП увеличение коэффициента вариации с 5 до 10% равноценно снижению нормативной прочности материала на 9%. Таким образом, в рассмотренном примере увеличение неоднородности пор по размерам привело в целом к снижению нормативной прочности цементно-песчаного камня на 27%.

Моделью-аналогом легкого бетона плотной структуры являлась пластина единичной толщины размером 100×400 мм с 50 начальными дефектами структуры. Координаты центров и включений, а также ориентацию дефектов относительно приложенной нагрузки, как и в моделях компонентов бетона, принимали независимыми случайными величинами; прочность контактной зоны (по величине микротвердости) δ по отношению к прочности матрицы составляла 1,08; коэффициент формы зерен включений изменяется в интервале 1,2...1,4; концентрация включений равна 0,2.

Процесс разрушения модели-аналога легкого бетона приведен на рис. 3.

Из результатов численных экспериментов, приведенных на рис. 4, видно, что с увеличением неоднородности включений, характеризуемой коэффициентом вариации средней плотности зерен пористого заполнителя $v_{\rho m}$, снижается прочность бетона. Однако при $v_{\rho m}$ на 25—40% ниже коэффициента, принятого в модели-аналоге ($v_{\rho m}=0{,}25$), уменьше-

Изменение параметров структуры бетона

Размеры начальных дефектов структуры в матрице, мкм	1—25*	26—50	51—100	101—250	250—500
	15	17	37	25	6
Размеры натурных дефектов структуры во включениях, мм	0,01—0,3	0,31—0,5	0,51—1,0	1,01—2,0	2,01—3,0
	50	13	25	9	3
Размеры включений, мм	10—15	15,1—18	18,1—20	—	—
	50	30	20		
Число вершин включений	3	4	5	6	—
	10	50	30	10	
Ширина контактной зоны, мкм	10—50	51—640	—	—	—
	50	50			
Средняя плотность зерен включений, кг/м³	600—800	801—1000	1001—1200	1201—1400	1401—1600
	22	18	39	18	12

* Над чертой — ранги параметров, под чертой — их частоты.

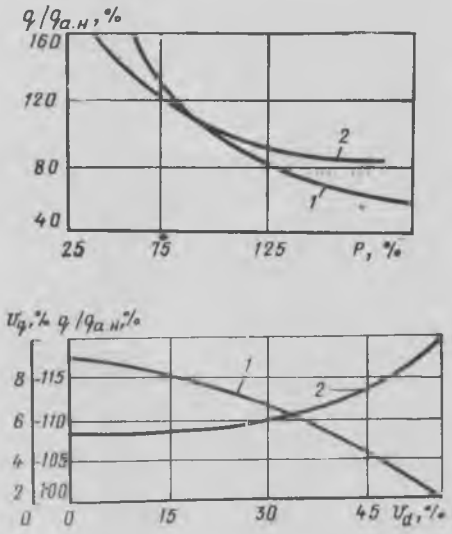


Рис. 2. Влияние коэффициента вариации диаметра пор v_d на изменение прочности $q/q_{а.н}$ (1) и коэффициента вариации прочности v_q (2) матрицы

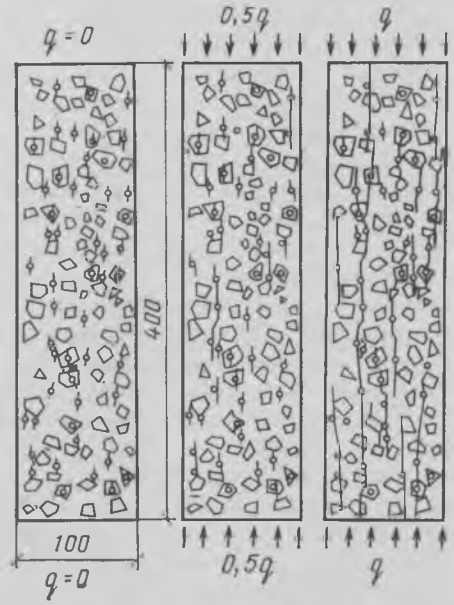


Рис. 3. Процесс разрушения легкого бетона плотной структуры на модели

Рис. 1. Влияние параметров P, характеризующих пористость включений, на их прочность q
1 — диаметр пор; *2* — число пор

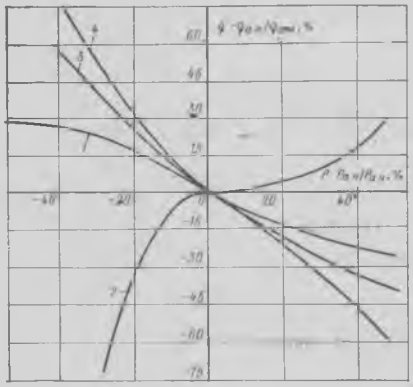


Рис. 4. Влияние параметров макроструктуры P на прочность легкого бетона q
1 — неоднородность включений; *2* — прочность контактной зоны; *3* — диаметр пор; *4* — число пор

ние разрушающей нагрузки стабилизируется, что объясняется более однородным напряженным состоянием образца.

Можно отметить три характерные области влияния прочности контактной зоны δ на прочность бетона (см. рис. 4): в первой, где прочность контактной зоны ниже прочности матрицы ($\delta<1$), резко снижается прочность бетона; во второй ($1\leqslant\delta\leqslant1{,}3$) и третьей ($\delta>1{,}3$) областях, где прочность контактной зоны не ниже прочности матрицы, медленно, а затем интенсивно повышается прочность бетона. Это объясняется тем, что нарушение контакта матрицы с включениями приводит к беспрепятственному огибанию включений трещинами; при

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ненарушенном контакте контактная зона тормозит развивающиеся трещины и ее роль возрастает с увеличением δ.

Пористость, характеризуемая размерами и числом начальных дефектов структуры в модели-аналоге легкого бетона (см. рис. 4), при прочих равных условиях явилась одним из основных факторов, влияющих на прочность бетона. Как показали эксперименты, улучшение поровой структуры матрицы при твердении шлакопемзобетона по оптимальному влажностному режиму повысило прочность бетона при сжатии на 16—38% и растяжении при раскалывании на 12—23% в сравнении с пропариванием при 100%-ной влажности среды.

Выводы

Разработана расчетная модель, имитирующая структуру и процесс разрушения бетона на щебневидных пористых заполнителях при действии кратковременной сжимающей нагрузки. По данным экспериментов, выполненных с использованием ЭВМ на расчетной модели, установлено, что параметры макроструктуры по степени влияния на прочность бетона располагаются в такой последовательности: характеристики пористости компонентов бетона, однородность включений по свойствам, прочность зоны контакта матрицы с включениями. На примере цементно-песчаного камня показано, что неоднородность пор, в частности по размерам, может снижать нормативную прочность материала до 27%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. — М.: Финансы и статистика, 1981.
2. Самарский А. Современная прикладная математика и вычислительный эксперимент. — Коммунист, 1983, № 18.
3. Зайцев Ю. В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения. — М.: Стройиздат, 1982.
4. Попов В. В., Кондращенко В. И. Экспериментально-теоретическое обоснование модели бетона на щебневидных пористых заполнителях. — В кн.: Бетоны на пористых заполнителях Дальнего Востока и их применение в строительстве. — Владивосток, 1980.
5. Панасюк В. В. Предельное равновесие хрупких тел с трещинами. — Киев: Наукова думка, 1968.

В Госстрое СССР

УДК 691.322.005

В. А. БОГОСЛОВСКИЙ, инж. (Госстрой СССР)

Об обеспечении заполнителями производства бетона

При производстве бетонных и железобетонных конструкций большое значение имеет обеспечение количества и качества заполнителей. Для приготовления 260 м³ бетона в год по стране в целом необходимо иметь 200 млн. м³ крупных и 160 млн. м³ мелких заполнителей.

Промышленность нерудных строительных материалов развивается опережающими темпами по сравнению с ростом объемов строительно-монтажных работ. Введены новые, в том числе крупные щебеночные и гравийно-сортировочные заводы с эффективными схемами технологических процессов, оснащенные современным горным, транспортным и дробильно-сортировочным оборудованием. В их числе комбинат нерудных материалов «Микашевичи» Минстройматериалов Белорусской ССР и Ново-Павловский горнообогатительный комбинат Минстройматериалов РСФСР мощностью до 6 млн. м³ щебня в год каждый, Вяземское карьероуправление Главмоспромстройматериалов, Сычевский ГОК Главмособлстройматериалов, предприятия Запорожнерудпрома, Днепронерудпрома и других объединений Минстройматериалов Украинской ССР, крупные карьероуправления Минэнерго СССР и др.

Госстроем СССР пересмотрены в 1983—1984 гг. основные государственные стандарты на щебень и гравий из естественных горных пород, щебень из доменных шлаков, золу и золошлаковую смесь тепловых электростанций, а также на пористые, применяемые в качестве заполнителей для бетона и обеспечивающие изготовление бетонных и железобетонных конструкций высокого качества. В 1985 г. пересмотрен стандарт на песок для строительных работ.

Основное количество щебня и гравия выпускается рассортированным по фракциям, в необходимых случаях производится их промывка.

Однако в ряде случаев предприятия по производству нерудных материалов и пористых заполнителей выпускают продукцию с отдельными нарушениями требования стандартов. В 1984 г. на 41 из 106 проверенных Госстроем СССР предприятий выявлены нарушения требований стандартов, в том числе на 18 — грубые нарушения, повлекшие за собой штрафы.

Щебень, особенно из известняков и гравия, часто содержит сверх нормы пылевидные и глинистые частицы. Имеются отступления от требований стандартов по зерновому составу фракций щебня и гравия, поэтому их применение в качестве крупных заполнителей сказывается на качестве бетона и расходе цемента.

Новыми стандартами — ГОСТ 9757—83, ГОСТ 9759—83, ГОСТ 11991—83 и др. — с 1 января 1984 г. запрещен выпуск не рассортированных по фракциям керамзитового, аглопоритового и других пористых заполнителей. Максимально допустимая марка всех видов гравия (за исключением термолитового и перлитового щебня) по насыпной плотности не должна быть более 600, аглопоритового и шлакопемзового щебня — более 900, щебня из пористых горных пород и термолитового гравия и щебня — более 1200. Но ряд предприятий своевременно не подготовился к соблюдению этих требований, что ухудшает теплотехнические показатели конструкций из легкого бетона.

Наиболее остро стоит вопрос об обеспечении строек, заводов и предприятий по производству сборных бетонных и железобетонных конструкций мелкими заполнителями.

Предприятия нерудных строительных материалов добывают и выпускают около 315 млн. м³ строительного песка, из них около 115 млн. м³ добываются речными пароходствами и поступают не полностью соответствующими техническим условиям. Кроме того, пароходства добывают и передают строителям около 80—85 млн. м³ гравийно-песчаной смеси и рядового гравия нерегулируемого гранулометрического состава. Эти гравийно-песчаные смеси требуют обогащения, их необходимо рассорти-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ровывать на песок и стандартные фракции гравия. Только до 10% песка, добываемого пароходствами, может быть использовано в бетоне без переработки. Остальной песок, как правило, очень мелкий, с модулем крупности $M_{кр}$ от 1,0 до 1,5, его применение в бетоне без обогащения не допускается. К сожалению, на стройках и предприятиях по производству сборных бетонных и железобетонных конструкций такой песок и песчано-гравийная смесь применяются без обогащения, что также снижает качество изделий, а расход цемента увеличивается до 10%, а иногда и до 15%.

Для выпуска конструкций из легких бетонов производится крайне недостаточное количество пористых песков, что приводит к использованию для этой цели природного песка в качестве мелкого заполнителя.

Неудовлетворительное качество заполнителей вызывает перерасход цемента по стране около 4 млн. т в год.

Особенно недопустимыми являются многочисленные факты нерационального отношения на предприятиях к сохранности качественных и фракционированных заполнителей в процессе погрузки, транспортирования, разгрузки, хранения и подачи заполнителей на бетоносмесительные установки и узлы. На стройках и в заводских условиях щебень разных фракций смешивается между собой или с землей; на складах, часто не имеющих бетонного основания, его передвигают с места на место бульдозерами и скреперами. По этим причинам почти повсеместно содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне и гравии увеличивается с 1 ... 3 до 5 ... 6% и более.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что вместо того, чтобы увеличить требовательность к повышению качества заполнителей, строительные организации, заводы железобетонных изделий и бетонные заводы добиваются повышения норм расхода цемента, хотя предприятия нерудных материалов нередко находятся в их ведении.

Минстройматериалов СССР и строительным министерствам и ведомствам необходимо обеспечить безусловное соблюдение требований государственных стандартов на всех предприятиях нерудных строительных материалов и легких заполнителей.

На стройках, заводах сборных бетонных и железобетонных изделий следует принять меры к сохранению качественных показателей заполнителей, правильно их использовать при приготовлении бетонных смесей. В первую очередь надо навести порядок на складах заполнителей, применив там технологию действующих новых типовых складов.

Для сокращения применения песка низкого качества в районах, где отсутствуют крупный, средний и мелкий пески, а имеются лишь очень мелкие (с модулем крупности менее 1,5), необходимо организовать выделение из этих песков фракций, пригодных для бетонов, организовать приготовление крупных дробленых песков для применения в качестве укрупняющей добавки. Следует также расширить применение в качестве заполнителей золы, шлаков и золошлаковой смеси тепловых электростанций, использовать для получения песков отсевы дробления дробильно-сортировочных заводов.

Информация

УДК 691.327:666.973.001

Пути развития производства и применения легких бетонов и конструкций

Для реализации поставленных партией и правительством задач коренного улучшения капитального строительства важное значение имеет дальнейшее развитие производства легких бетонов и конструкций из них. Широкое применение этих бетонов в индустриальном строительстве всех регионов страны позволяет комплексно и с большой эффективностью использовать промышленные отходы различных отраслей народного хозяйства. Рассмотрению актуальных проблем и основных направлений научно-технического прогресса в развитии легких бетонов в стране была посвящена проходившая 6—7 августа 1985 г. в Ереване Всесоюзная конференция «Развитие производства и применения легких бетонов и конструкций из них, в том числе с использованием промышленных отходов» (III Всесоюзная конференция по легким бетонам).

Конференцию организовали Центральное и Армянское республиканское правления НТО стройиндустрии и Госстрой СССР. В ее работе приняли участие около 200 представителей партийных и общественных организаций, заводов ЖБИ и ДСК, строек строительных министерств и ведомств, научно-исследовательских и проектных институтов, вузов из 48 городов страны.

На пленарном и двух секционных заседаниях было заслушано 30 докладов и сообщений по важнейшим вопросам совершенствования технологии и качества пористых заполнителей, легких бетонов и конструкций. В дискуссии приняло участие 35 человек.

Было отмечено, что в развитии производства и применения легких бетонов, в повышении их эффективности и качества за последнее десятилетие достигнуты определенные успехи. Объем выпуска пористых заполнителей и легких бетонов возрос на 25%. Разработаны и внедрены в массовое строительство новые эффективные конструкции с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Комплексное применение легкобетонных конструкций в строительстве выросло в 4 раза. Расширено применение золошлаковых отходов ТЭС и металлургических шлаков, отходов деревообрабатывающей и лесохимической промышленности. Уровень применения химических добавок при производстве легких бетонов превысил 60%.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Наряду с этим в производстве и применении пористых заполнителей и легких бетонов имеются серьезные недостатки. Так, качество и технико-экономические показатели производства керамзита остаются на низком уровне. Не организован в необходимых объемах выпуск эффективных пористых песков. Средняя плотность и теплозащитные свойства легких бетонов и ограждающих конструкций во многих случаях не отвечает современным требованиям. Не получает необходимого развития производство эффективных несущих конструкций из легких бетонов.

Конференция приняла развернутые рекомендации, в которых намечены основные направления и конкретные мероприятия по повышению эффективности и качества легких бетонов и конструкций.

По развитию производства и применения конструкций и изделий из легких бетонов. За счет применения эффективных пористых заполнителей, снижения плотности и теплопроводности легких бетонов, использования золошлаковых отходов, улучшения технологии и совершенствования конструктивных решений обеспечить массовое производство и применение ограждающих однослойных конструкций из легких бетонов с повышенными на 10—30% теплозащитными свойствами и пониженной энергоемкостью. В северной климатической зоне организовать выпуск многослойных легкобетонных ограждающих конструкций с эффективными утеплителями.

Осуществлять преимущественное развитие производства легких бетонов на пористых заполнителях с применением промышленных отходов с увеличением доли выпуска таких бетонов к концу XII пятилетки.

Развивать производство и применение эффективных несущих конструкций из легких бетонов, особенно в сейсмических районах.

Организовывать массовое применение легких бетонов в сельском и малоэтажном монолитном и сборном строительстве с развитием производства мелких стеновых блоков и камней, преимущественно на основе промышленных отходов.

По производству пористых заполнителей. Считать важнейшим направлением в развитии производства пористых заполнителей в XII и XIII пятилетках: организацию массового выпуска на действующих заводах керамзитового гравия марок 300 ... 400; широкое использование промышленных отходов энергетической, угледобывающей, металлургической и химической промышленности; увеличение производства пористых песков; снижение расхода топлива при выпуске искусственных пористых заполнителей; развитие производства природных пористых заполнителей.

Для реализации этих направлений осуществить техническое перевооружение предприятий, предусмотрев широкое внедрение при производстве керамзита метода опудривания гранул огнеупорными порошками, использование корректирующих добавок, улучшение переработки сырья и формирования сырцовых гранул, строительство установок по производству пористых песков с использованием золошлаковых отходов, применение добавок золы и шлаков ТЭС и углеотходов для снижения расхода топлива.

Просить Минстройдормаш организовать в XII пятилетке для получения керамзита серийное производство эффективного оборудования — глиноочистителя, формующего пресса СМК-315, модернизированной 40-метровой вращающейся печи, гравиесортировок, установок по обжигу керамзитового и перлитового песков, устройств для разделения гравия по насыпной плотности. Просить Минчермет СССР увеличить производство шлаковой пемзы, снизить насыпную ее плотность до 600 кг/м³.

Ускорить освоение массового производства азерита с использованием отходов промышленности, продолжить работы по совершенствованию технологии и расширению внедрения безобжиговых пористых заполнителей из промышленных отходов, организовать выпуск гранулированного пеностекла на базе отходов стекла.

По совершенствованию технологии производства сборных монолитных конструкций из легких бетонов. Считать в XII пятилетке главными направлениями разработку и внедрение высокомеханизированной технологии производства однослойных и многослойных ограждающих конструкций с минимальной трудоемкостью и энергоемкостью, стабильными эксплуатационными свойствами, развитие заводского производства эффективных несущих и преднапряженных конструкций, организацию массового производства для сельского и малоэтажного строительства стеновых блоков и камней с широким использованием промышленных отходов и местного сырья.

Для реализации этих направлений осуществлять реконструкцию и техническое перевооружение предприятий и технологических линий с учетом специфических особенностей технологии легких бетонов и оборудования для их производства. Не допускать при производстве ограждающих однослойных конструкций применение пористых заполнителей с повышенной насыпной плотностью, использовать в качестве мелкого заполнителя преимущественно золы и золошлаковые смеси ТЭС, а также пористые пески в сочетании с воздухововлекающими или порообразующими добавками. Повсеместно использовать метод объемно-весового дозирования и рациональные системы приготовления и транспортирования легкобетонных смесей, применять энергосберегающие методы и режимы тепловой обработки, в том числе с использованием продуктов сгорания природного газа, пароразогрева, теплоизолированных камер сухого прогрева.

Просить Минстройдормаш осуществить корректировку проектов типовых складов и БСО заводов ЖБИ для использования золошлаковых отходов; разработать высокомеханизированные линии и оборудование по производству многослойных легкобетонных ограждающих конструкций с различными вариантами сборных и монолитных утепляющих слоев; проработать варианты реконструкции существующих линий по приготовлению и транспортированию легкобетонных смесей с использованием локальных и двухстадийных смесителей; разработать и организовать изготовление мощных (емкостью 4—5 м³) смесителей для приготовления легкобетонных смесей.

Просить Минприбор СССР организовать в XII пятилетке производство приборов для контроля теплопроводности легких бетонов и автоматизированных систем для приготовления легкобетонных смесей.

Для увеличения объемов и совершенствования методов возведения монолитных зданий и сооружений из легкого бетона ускорить создание и расширить сеть специализированных строительных организаций по возведению зданий и сооружений из монолитного легкого бетона; обратить особое внимание на расширение строительства монолитных домов в сельской местности.

По совершенствованию конструкций из легких бетонов. В течение XII пятилетки разработать и внедрить в строительство укрупненные стеновые панели повышенной заводской готовности (со встроенными окнами) для многоэтажных и одноэтажных производственных зданий; трехслойные стеновые панели с эффективными утеплителями и гиб-

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

кими связями широкой номенклатуры, а также трехслойные панели с утепляющим слоем из теплоизоляционных легких бетонов низких марок и однослойные с термовкладышами; каталоги зданий различного назначения с комплексным использованием легких бетонов в несущих и ограждающих конструкциях.

По организации и координации научно-исследовательских работ. Учесть рекомендации настоящей конференции при завершении работ по составлению координационных планов научно-исследовательских работ на 1986—1990 гг. по проблемам «Пористые заполнители для легких бетонов» и «Легкие бетоны и конструкции из них».

Провести в течении XII пятилетки семинары по актуальным вопросам теории и практики внедрения легких бетонов и конструкций, конкурсы на лучшие проектные решения и научно-исследовательские работы по использованию промышленных отходов и созданию новых технологий.

Республиканским, краевым и областным правлениям НТО стройиндустрии принять меры по реализации рекомендаций конференции.

В. Г. ДОВЖИК, зам. председателя Оргкомитета, канд. техн. наук, В. И. САВИН, ученый секретарь Оргкомитета, канд. техн. наук

Читательская конференция в Ереване

В состоявшейся 5 августа т. г. в Ереване читательской конференции* журнала «Бетон и железобетон» приняли участие 52 представителя научно-исследовательских, учебных, проектных и строительных организаций и ведомств.

Главный редактор доктор техн. наук, проф. К. В. Михайлов информировал собравшихся о тираже, объеме и тематике журнала. Были названы темы, по которым присылается и публикуется недостаточное количество статей: здания повышенной этажности с применением сборно-монолитного рамного каркаса без сварных стыков, опыт применения сборного и монолитного бетона и железобетона на основе природных пористых заполнителей и др.

Выступившие участники конференции отметили, что журнал «Бетон и железобетон», 30 лет существования которого исполнилось в текущем году, является наиболее авторитетным и любимым журналом армянских строителей. Его высокий научный уровень непрерывно совершенствуется. Положительным являются ежегодный выпуск тематических номеров (в частности, № 7 т. г. посвящен III Всесоюзной конференции по легким бетонам и конструкциям из них), публикация статей по легким бетонам на основе отходов, информации о международных конференциях и т. д.

Было отмечено также, что освещение на страницах журнала значительного опыта использования бетона и железобетона на природных пористых заполнителях практически во всех областях строительства в Армянской ССР способствовало бы развитию использования природных пористых заполнителей вулканического и осадочного происхождения и в других регионах страны. Как показывает практика, создание производства дешевых заполнителей из пористых горных пород требует незначительных капиталовложений, небольших затрат технологического топлива и может быть осуществлено в короткие сроки.

В последние годы в республике построен ряд крупных и оригинальных объектов, опыт строительства и эксплуатации которых заслуживает освещения в журнале. Были высказаны также пожелания помещать в журнале статьи о долговечности зданий и сооружений из бетона и железобетона по показателям их длительной эксплуатации.

В заключительном слове главный редактор обобщил замечания и предложения выступающих, сообщил о дальнейших планах редакции.

М. З. СИМОНОВ, проф., председатель совета содействия журналу «Бетон и железобетон» по Армянской ССР

* Новый состав совета содействия журналу «Бетон и железобетон» по Армянской ССР опубликован в журнале № 6 за 1985 г.

Новые книги

Экономия цемента в строительстве / Под ред. З. Б. Энтина — М.: Стройиздат, 1985.

Гохман В. И. **Перспективное планирование промышленности строительных материалов.** — М.: Стройиздат, 1985.

Крюков Р. В. **Гибкая технология домостроительного производства.** — М.: Знание, 1985.

Лисенко В. А. **Защитно-конструкционные полимеррастворы в строительстве.** — Киев, Будивельник, 1985.

Применение показателя нормативной чистой продукции на предприятиях строительной индустрии. / Е. И. Заболоцкий и др. — Киев, Будивельник, 1985.

Технология строительного производства: Учеб. для вузов. / Под общ. ред. С. С. Атаева. — 2-е изд., перераб., доп. — Минск, Высш. шк., 1985.

Кузнецов Ю. Д., Заславский И. Н. **Обеспечение долговечности железобетонных конструкций при реконструкции промышленных предприятий.** — Киев, Будивельник, 1985.

Тимофеев Н. И. **Расчет железобетонных конструкций при сложных формациях.** — Киев, Будивельник, 1985.

Бетоны для строительных работ в зимних условиях. / Л. Г. Шпынова и др. — Львов, Вища шк., 1985.

Конструктивные решения зданий и сооружений. / В. С. Волга и др. — Киев, Будивельник, 1985.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

CONTENTS

Gendin V. Ya., Lagoïda A. V., Kuzmin V. K. Reducing of energy expenditures during electro-thermo-treatment of concrete with admixture (PAShtch - 1) + NK
Martemjanov A. I., Shirin V. V. Reconstruction and reinforcement of large-panels buildings after earthquakes
Matselinsky R. N., Spannut L. S. Reinforced concrete hanging envelope on rectangular plan
Vysotsky S. A. Influence of slag expenditure, of conditions, and hardening regime on properties of slag-alkali concretes
Markarov N. A., Ibragimov A. M. Crack-resistance and strength of bending elements with reduced transmission strength of concrete
Gushctha Yu. P., Lemych L. L. Deformation calculation of structures at all stages during short-time and long-time loadings
Bulygine Yu. P., Korytov S. G. Automatized design of reinforced concrete slabs
Panshin L. L. Diagram «moment-curvature» during bending and extracentre compression
Rojfe V. S., Tukhareli K. D. Non-destructif control of concrete humidity in articles with finishing layer
Seskin I. E. Properties of vibro-hydro-pressed concrete on bricks from phosphorus slag
Ivanova O. S., Yarlushkina S. Kh., Mironov S. A. Frost resistance of concrete on hign aluminate portland ciments with admixtures
Zaïtsev Yu. V., Kondrashtchenko V. I., Grekova T. L. Application in technological researches of structure imitation modelling of processus of concrete destruction
Bogoslovsky V. A. Ensuring of fillers for concrete manufacturing

CONTENU

Ghendine V. Ya., Lagoïda A. V., Kouzmine V. K. La réduction de dépenses en énergie pendant l'électro-thermo traitement du béton avec l'adjuvant (PAChtch-1) +NK
Martemjanov A. I., Chirine V. V. La reconstruction et le renforcement des bâtiments en gros panneaux après séismes
Matselinsky R. N., Spannout L. S. L'enveloppe suspendue en béton armé sur le plan rectangulaire
Vyssotsky S. A. L'influence des dépenses en laitier, des conditions et du régime de durcissement sur les proprietés des bétons de laitier-alcali
Markarov N. A., Ibraghimov A. M. La résistance à la fissuration et la solidité des éléments flexibles avec la résistance de transmission reduite du béton
Gouchtcha Yu. P., Lemych L. L. Le calcul des déformations des structures à touts les stades pendant les chargements de courte et de longue durée
Boulyghine Yu. P., Korytov S. G. L'etablissement automatisé des projets des dalles en béton armé
Panchine L. L. Le diagramme «moment-courbure» pendant la flexion et la compression hors du centre
Rojphet V. S., Toukhareli K. D. Le contrôle non-destructif d'humidité du béton dans les produits avec une couche de finissage
Seskine I. E. Les propriétés du béton vibro-hydro-pressé sur le gravillon en laitier phosphorique
Ivanova O. S., Yarlouchkina S. Kh., Mironov S. A. La résistance au gel du béton sur les ciments de portland à aluminate élevé avec des adjuvants
Zaïtsev Yu. V., Kondrachtchenko V. I., Grekova T. L. L'application dans les études technologiques du modelage d'imitation de structure des processus de destruction des bétons
Bogoslovsky V. A. Sur le fournissement des aggrégats pour la production du béton

INHALTSVERZEICHNIS

Gendin W. Ja., Lagojda A. W., Kusjmin W. K. Senkung des Energieaufwandes bei der Betonelektrowarmebehandlung mit dem Zusatzmittel (PAStsch - 1) + NK
Martemjanow A. I., Schirin W. W. Wiederaufbau und Verstärkung von Grossplattengebäuden nach Erdbeben
Mazelinski R. N., Spannut L. S. Hängeschale aus Stahlbeton am rechteckigen Grundriss
Wyssozki S. A. Einfluss des Schlackenverbrauches, der Verhältnisse und des Erhärtungsverfahrens auf Eigenschaften von Schlackenalkalibetonen
Markarow N. A., Ibragimow A. M. Rissicherheit und Festigkeit von auf Biegung beanspruchten Bauelementen mit verringter Übertragungsfestigkeit des Betons
Gustscha Ju. P., Lemysch L. L. Berechnung der Deformationen von Konstruktionen in allen Stadien bei Dauer-und Kurzzeitbelastungen
Bulygin Ju. P., Korytow S. G. Automatisierte Projektierung von Stahlbetonplatten
Panjschin L. L. Moment-Krümmung-Linie bei Biegung und aussermittigem Druck
Rojfe W. S., Tuchareli K. D. Bruchlose Kontrolle der Betonfeuchtigkeit für Erzeugnisse mit Putzschicht
Sesikin I. Je. Eigenschaften des Vibrohydropressbetons unter Anwendung vom Splitt aus Phosphorschlacke
Iwanowa O. S.. Jarluschkina S. Ch., Mironow S. A. Frostbeständigkeit des Betons unter Anwendung von Hochaluminatportlandzementen mit Zusatzmitteln
Sajzew Ju. W., Kondrastschenko W. I., Grekowa T. L. Anwendung in technologischen Untersuchungen von strukturell imitativer Modellierung der Betonbruchprozesse
Bogoslowski W. A. Versorgen von Zusatzmitteln für Betonproduktion

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

Технический редактор *Е. Л. Сангурова* Корректор *Т. Г. Бросалина*

Сдано в набор 13.09.85. Подписано в печать 10.10.85. Т-20812
Формат 60×90 1/8. Печать высокая. Усл. печ. л. 4,0 Усл. кр.-отт. 4,75 Уч.-изд. л. 5,67
Тираж 14 310 экз. Зак. 388

Почтовый адрес редакции
101442, Москва, ГСП, Каляевская, 23а
Тел. 292-41-34, 292-62-05

Подольский филиал производственного объединения «Периодика» Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
142110, г. Подольск. ул. Кирова, 25

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

бетоноукладчиком с помощью питателя и разравнивателя. После формования каретка извлекает пустотообразователи. С отформованного изделия снимают рамку. Форма автозахватом транспортируется в ямную камеру термообработки.

Производительность линии составляет 40 изделий в смену. Использование форм без замков и торцевых бортов позволяет получать изделия более высокого качества с точными геометрическими размерами по сравнению с формами с немедленной распалубкой.

Они менее металлоемки, так как торцевые борта и фиксаторы продольных бортов расположены на формовочной рамке. Отсутствие замков и торцевых бортов позволило устранить ручные трудоемкие операции по свинчиванию и открыванию форм.

Формующее оборудование по изготовлению пустотных настилов типа НВ 58-12 внедрено на заводе ЖБИ № 4. Изготовляет их Механический завод № 2 (117259, Москва, ул. Кржижановского, д. 31).

Одним из самых распространенных способов уплотнения бетона при изготовлении безнапорных железобетонных труб является его центрифугирование на ременных или роликовых центрифугах. В настоящее время безнапорные трубы, выпускаемые по этой технологии, не удовлетворяют требованиям ГОСТ 6482.0—79 на водонепроницаемость, так как при центробежном уплотнении в бетоне образуются каналы и капилляры, которые идут через всю толщину стенки трубы. После прохождения соответствующей термообработки вода испаряется из этих каналов и образуются отверстия в теле трубы, т. е. создается своеобразный фильтр.

Кроме этого, из-за неплотности стыкового соединения полуформ во время центробежного уплотнения возникает явление «вибронасоса». Захватываемое им цементное молоко выбрасывается через эти неплотности, оголяя щебень по всему продольному стыку трубы. В результате образуется очень пористая структура бетона со сквозными капиллярами. При испытании готовых труб внутренним гидравлическим давлением 0,5 кгс/см² через эти каналы и капилляры начинает просачиваться вода, т. е. трубы не выдерживают давления транспортируемой жидкости.

Московским заводом железобетонных труб ПО «Мосспецжелезобетон» (121087, Москва, Береговой пр., 2) предложен новый способ реверсивного центробежного уплотнения безнапорных железобетонных труб, который обеспечивает получение изделий с гарантированной водонепроницаемостью 0,5 кгс/см² и выше. При этом полностью ликвидируются капилляры и каналы, трещины разлома и разрыв, повышается прочность свежеуплотненного бетона в 2,5 раза. Такой результат дает реверсивное вращение металлической формы, установленной на ремнях центрифуги.

При вращении формы с уложенным бетоном в одну сторону в его структуре образуются направленные капилляры и каналы. При резкой остановке и вращении ее в противоположную сторону образуется разрыв направленных капилляров и каналов, отжимается больше лишней воды, повышается жесткость бетонной смеси. Таким образом, смесь избавляется от излишней воды и приобретает прочность 3—5 кгс/см², а при одностороннем вращении — лишь 1,1—1,2 кгс/см².

Применение данного способа позволяет выпускать низконапорные трубы, рассчитанные на рабочее давление 3 кгс/см², которые в настоящее время в стране не выпускают.

Режим уплотнения бетонной смеси в формах при реверсивном центробежном уплотнении следующий. Бетонную смесь укладывают в форму при ее вращении 100—120 об/мин в течение 2—3 мин, затем увеличивают частоту вращения до 1100 об/мин. Центробежное уплотнение выполняют в течение 5—7 мин. Резкая остановка формы — в течение 1,5 мин; вращение в противоположную сторону при 1100 об/мин в течение 3—5 мин; резкая остановка.

Экономический эффект от внедрения данного способа уплотнения на Московском заводе железобетонных труб ПО «Мосспецжелезобетон» составил 50 тыс. р. при выпуске безнапорных железобетонных труб в объеме 18 тыс. м³ в год.

Авторские свидетельства

№ 19*

№ 1156905. ЛИСИ. Ф. Г. Брауде, С. А. Осмаков, А. В. Иванов и В. А. Голубенков. **Виброударная площадка для уплотнения изделий из бетонных смесей.**

№ 1156909. ДИСИ. Е. А. Бондарь, В. А. Скатенок и В. Т. Шаленный. **Форма для изготовления изделий из бетонных смесей.**

№ 1156910. ЭКБ ЦНИИСК и ЦНИИпромзданий. А. С. Хаимов, А. М. Ченцов, С. А. Шиманович и др. **Формующий механизм пресс-автомата для изготовления изделий из бетонных смесей.**

№ 1156911. КТИ Минпромстроя. Л. М. Окунь и Б. И. Бойко. **Замок для соединения бортов формы.**

№ 1156912. ВНИИСМ. В. Н. Буров и В. П Рыбасов. **Система автоматического регулирования формовочных свойств бетонной смеси.**

№ 1157186. КиевЗНИИЭП жилища. А. М. Сорокин, В. С. Волга. **Безригельный каркас здания или сооружения.**

№ 1157194. СКБ Главмостостроя. Н. М. Бибиков, С. Р. Кореневский и Б. П. Дементьев. **Устройство для натяжения арматурных пучков при монтаже коробчатых пролетных строений железобетонных мостов.**

№ 1157195. ВНИИмонтажспецстрой. В. П. Поляков, Б. О. Белорусец, И Е. Дудкин и др. **Способ монтажа покрытия.**

№ 1157197. КБ по железобетону. С. П. Исайкин и Б. И. Благодатский. **Кондуктор для установки групповых анкеров (его варианты).**

№ 1157200. Мосгипронисельстрой. Л. К. Бородина. **Способ возведения высотного сооружения.**

№ 20

№ 1158357. НИЛ ФХММ и ТП. Л. И. Эпштейн, В. В. Чувырин, В. М. Сырцов и др. **Устройство для формования изделий из бетонных смесей.**

№ 1158362. ПТТ Оргтехшахтострой. В. П. Иватохин, З. Ш. Мустафин и Е. Д. Кремлин. **Станок для изготовления железобетонных затяжек.**

№ 1158363. Гипростроммаш. Н. И. Агеев, Е. И. Голованцев и Р. Г. Шарипов. **Кантователь железобетонных плит.**

№ 1158364. В. Ф. Кодолов и А. И. Балтабаев. **Форма для изготовления изделий из бетонных смесей.**

№ 1158365. СКБ Главмостостроя. А. К. Абрамидзе, А. И. Борзенко, А. Н. Ломсадзе и др. **Форма для изготовления изделий из бетонных смесей.**

№ 1158366. А. И. Семенов. **Форма для изготовления железобетонных изделий.**

* См.: Открытия, изобретения, 1985.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

№ 1158367. КБ по железобетону и Бзыбский экспериментальный завод железобетонных конструкций. Ф. Г. Гогнадзе, М. И. Алексанов, Г. О. Гвасалия и др. **Кассетная форма для изготовления лестниц с двумя площадками.**

№ 1158368. КиевЗНИИЭП жилища, Н. В. Белоусов, В. С. Володин, В. П. Гороховский и др. **Установка для изготовления объемной лоджии.**

№ 1158369. СКБ-Мосстрой. В. Н. Молотков, А. Н. Киреев, Ю. А. Калинников и А. В. Пегарев. **Пустотообразователь.**

№ 1158534. Среднеазиатский НИИ ирригации. В. И. Соломатов, С. Л. Ли, А. М. Карабаев и И. Л. Балабанцев. **Полимербетонная смесь.**

№ 1158535. НИИСМИ. И. Б. Удачкин, В. И. Юськович, В. В. Опекунов и Ю. Д. Нациевский. **Сырьевая смесь для изготовления ячеистого бетона.**

№ 1158540. СПКО Оргтехстром. А. Е. Гуревич, К. В. Розе, А. Н. Жестовский и др. **Сырьевая смесь для приготовления легкого жаростойкого бетона.**

№ 1158552. ХИИТ и Ин-т коллоидной химии и химии воды. АН УССР. А. И. Бирюков, В. Н. Веденский, С. С. Духин и др. **Способ обработки цементной бетонной смеси.**

№ 1158554. Трест Калушхимремонт и Калушский филиал ВНИПИгалургии. О. Н. Романенко, Р. А. Марусяк, Б. М. Шемердяк и др. **Композиция для пропитки бетона.**

№ 1158708. Мосспецпромпроект. Л. М. Еленин, Л. А. Нанас, А. И. Ракин и В. П. Деев. **Стыковое соединение трехслойных панелей.**

№ 1158710. Горьковский ИСИ. Конструкция легкосбрасываемой кровли.

№ 1158711. Гипроспецлегконструкция. О. Н. Ермолаев и М. Ф. Сырчина. **Панель покрытия.**

№ 1158716. Коммунарский з-д строительных конструкций. М. Е. Ушаков, Н. П. Колесник, В. А. Плескач, В. С. Гузь и др. **Устройство для образования анкерных головок на арматурных стержнях.**

№ 1158722. МИСИ. В. С. Абрамов, А. Б. Веселовский, В. Я. Гендин и др. **Способ возведения монолитных железобетонных конструкций и устройство для его осуществления.**

№ 1158724. МИСИ. С. Г. Арутюнов, А. А. Афанасьев и П. А. Шустов. **Глубинный виброуплотнитель**

№ 1158725. МИСИ. С. Г. Арутюнов, А. А. Афанасьев, М. П. Зимин и П. А. Шустов. **Глубинный виброуплотнитель бетонной смеси.**

№ 1158726. СКТБ Стройдеталь. В. Н. Пачушкин, Н. Т. Лагоша, С. Н. Прямухин и М. Ю. Смирнов. **Устройство для навивки арматуры на изделия типа сердечников железобетонных труб.**

№ 1158729. ТбилЗНИИЭП жилища. А. М. Кимберг. **Сейсмостойкое крупнопанельное здание.**

№ 21

№ 1159781. КТБ Стройиндустрия. А. В. Нестеров, Л. И. Медовский, А. В. Андрейченко и Н. И. Калабушкин. **Установка для формования многопустотных панелей.**

№ 1159783. А. И. Балтабаев. **Форма для изготовления изделий из бетонных смесей А. И. Балтабаева.**

№ 1159784. КТБ Республиканского промышленного объединения Укртяжстройиндустрия. Г. И. Бершадский Н. А. Бирюков. **Пустотообразователь.**

№ 1159785. В. С. Боровков и Г. М. Фролов. **Замковое устройство преимущественно подъемника форм установки для наклонного формования железобетонных изделий.**

№ 1159907. НИЛ ФХММ и ТП. В. Н. Россовский, Л. В. Добашина, А. В. Лифшиц и др. **Бетонная смесь.**

№ 1159908. Кубанский сельскохозяйственный ин-т и Краснодарское ПО «Радуга». Т. М. Дашевская, А. А. Лимаренко, А. В. Куля и др. **Полимербетонная смесь.**

№ 1159993. МНИИТЭП. Г. И. Шапиро и В. И. Ягуст. **Устройство для подъема бетонных и железобетонных изделий.**

№ 22

№ 1161394. ЛИИЖТ. Ю. А. Джапаридзе, Я. А. Лейдман, С. Н. Баранов и др. **Установка для формования изделий из бетонных смесей.**

№ 1161395. ЛИСИ и Ленинградская лесотехническая академия. Ф. Г. Брауде и С. А. Осмаков. **Виброударная площадка для изготовления изделий из бетонной смеси.**

№ 1161396. Киевский филиал КТБ стройиндустрия. Ф. Т. Какойченко, М. А. Капуста, В. М. Симонов и А. Л. Смелянский. **Установка непрерывного формования многопустотных изделий.**

№ 1161397. ПТБ Главмособлстройматериалов. Ф. Г. Яковлев, А. Л. Каминов и П. Е. Липатов. **Форма для изготовления предварительно напряженных изделий из бетонных смесей.**

№ 1161398. М. И. Хаит, А. И. Борзенко, Н. П. Столяр и др. **Форма для изготовления изделий из бетонных смесей.**

№ 1161399. Винницкий политехнический ин-т. В. А. Лиховой, А. Ф. Пономарчук и Г. М. Райдун. **Форма для изготовления железобетонных шпал.**

№ 1161400. ЛенЗНИИЭП жилища. **Устройство для распалубки и сборки форм.**

№ 1161401. Гатчинский сельский ДСК. В. О. Маннинен, М. С. Лебедев и В. А. Орлов. **Установка для вертикального формования бетонных изделий.**

№ 1161402. ЛИИЖТ. В. П. Нехотин и Б. В. Райченко. **Устройство для образования пустот в бетоне.**

№ 1161405. Росоргтехстрой. О. М. Лунин, Н. В. Зуб и Я. Б. Гейцер. **Устройство для изготовления трубчатых изделий из бетонных смесей.**

№ 1161497. Симферопольский филиал НИИСМИ. П. Г. Сильченко, Б. В. Бурдаков, Ю. П. Скрыпник и В. В. Корнеев. **Способ приготовления легкобетонной смеси.**

№ 1161498. ЦНИИЭПсельстрой. М. А. Лапидус и И. А. Туркина. **Пенообразователь для легких бетонов.**

№ 1161501. Челябинский ПромстройНИИпроект. А. Н. Архангельский, Е. Н. Кузьмин. **Способ термообработки железобетонных изделий и конструкций.**

№ 1161675. СПКТБ объединения Сибкомплектмонтаж. Л. В. Анисин, Я. Н. Эзау и Ю. П. Козин. **Каркас объемного блока промышленного здания.**

№ 1161681. ПТТ Оргтехстрой. П. П. Кликунас и В. М. Рудой. **Опалубка для возведения монолитных стен с оконными проемами.**

№ 1161707. Казахский политехнический ин-т и Жезкентский горно-обогатительный комбинат. В. А. Мельников, М. М. Магауянов и М. Н. Политаев. **Устройство для возведения набрызг-бетонной крепи.**

№ 23

№ 1162594. Ин-т горного дела СО АН СССР. Ж. Г. Мухин, В. Н. Власов, Б. Г. Трегубов и др. **Устройство для уплотнения изделий из бетонных смесей в форме.**

№ 1162595. КТБ стройиндустрия. В. Д. Досюк, А. Ф. Тупиков, А. В. Андрейченко и др. **Устройство для уплотнения бетонной смеси.**

№ 1162596. ПКТИ Индустройпроект. Е. К. Шубин, Л. С. Аруев и А. Х. Фазлуллин. **Пустотообразователь для образования монтажных отверстий в железобетонных шпалах.**

№ 1162597. Днепропетровский инженерно-строительный ин-т и трест Стройиндустрия Минпромстройматериалов МССР. Г. Д. Дибров, Ю. Л. Ямов, В. К. Вылцан и др. **Смеситель.**

№ 1162924. Ленинградское отделение Атомтеплоэлектропроекта. Р. И. Финкельштейн, Е. Г. Бабский, И. С. Литвин и С. Н. Рыбаков. **Стыковое соединение сборных железобетонных элементов таврового сечения.**

№ 1162927. ГПИ Кишиневгорпроект. Д. С. Ионис и В. М. Рудой. **Блочная опалубка.**

№ 1162929. Куйбышевский ИСИ. Н. А. Ильин. **Способ восстановления капителей и колонн.**

№ 1162931. Казахский ПромстройНИИпроект. Т. Ж. Жунусов, Ю. Г. Шахнович и Т. А. Джазыбаев. **Диафрагма жесткости многоэтажного сейсмостойкого здания.**

№ 24

№ 1164048. НИИЖБ. П. М. Топорков, В. И. Тарасов и Г. М. Кондрашов. **Технологическая линия для изготовления железобетонных изделий.**

№ 1164049. Феб Бетонляйхтбаукомбинат. Херман Бергтер (ГДР). **Форма для изготовления преимущественно теплых изделий.**

№ 1164220. ХИИТ. В. В. Архипов, А. И. Бирюков, В. М. Козленко и др. **Способ приготовления бетонной смеси.**

№ 1164383. СибЗНИИЭП жилища. В. М. Савойский, С. Ю. Крживацкий, Ю. М. Кузин и др. **Объемный блок здания.**

№ 1164386. МАДИ. В. А. Воробьев, В. И. Земцов, Г. Н. Липский и др. **Устройство для контроля напряженной арматуры.**

№ 1164387. Мосоргинжстрой. Ю. И. Минаев, В. Д. Поляков, С. Д. Благов и др. **Устройство для монтажа длинномерных изделий.**

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru