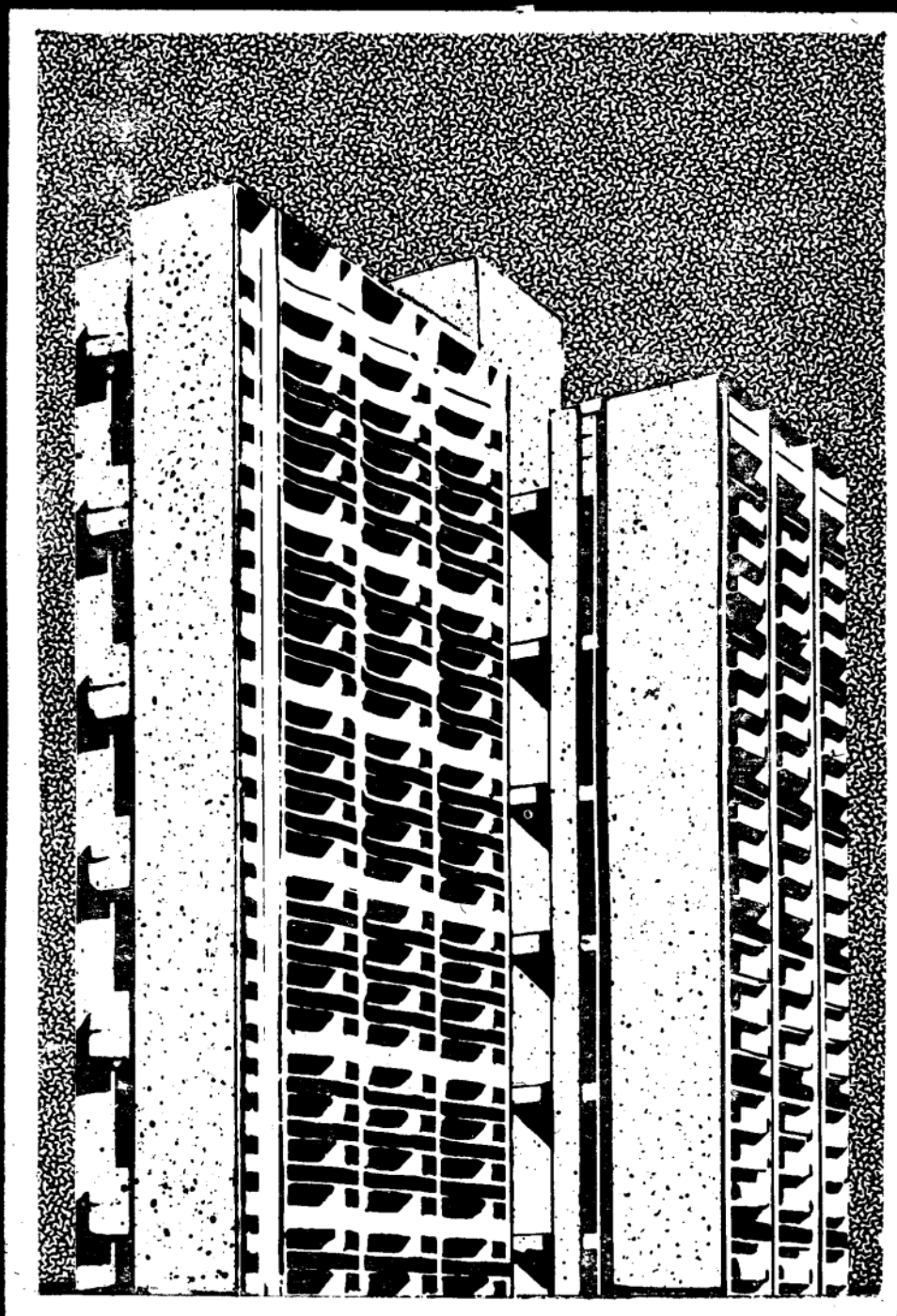


# БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН



6 - 1978



## Система неразрушающего контроля и оценка качества конструкций крупнопанельных зданий

В соответствии с ГОСТ 8829—77, текущий приемочный контроль конструкций массового назначения (в том числе плоских плит перекрытий и внутренних несущих стен крупнопанельных зданий) рекомендуется выполнять с помощью неразрушающих методов. Разработана система неразрушающего контроля и оценки прочности, жесткости и трещиностойкости этих конструкций, включающая методы контроля прочности бетона; положения арматуры и диаметра стержней; регистрации и оценки полученных результатов.

Прочность бетона в изделиях оценивается ультразвуковым методом не менее, чем на трех участках по ГОСТ 17624—72, а результаты контроля — по ГОСТ 21217—75. Разработаны специальные формы для регистрации полученных данных и контрольные карты для оценки результатов.

Положение и диаметр арматуры контролируются магнитным методом (прибор ИЗС-2). Помимо контроля указанных выше характеристик проверяются геометрические размеры изделий. Если все контролируемые параметры находятся в заданных пределах, изделия отвечают установленным требованиям по прочности, жесткости и трещиностойкости.

Разработан план выборочного контроля, при котором проверяется не менее 10% изготавливаемых изделий (при касетной технологии — не менее одного изделия из кассеты), а вся партия оценивается по результатам контролируемой выборки. Если какие-либо контролируемые параметры выходят за установленные границы, то переходят к сплошному контролю.

Применение системы неразрушающего контроля позволяет отказаться от испытания кубов для определения отпускной прочности бетона, от контрольных испытаний конструкций нагружением, снизить расход цемента путем учета фактической однородности бетона.

Экономический эффект от внедрения разработанной системы контроля составляет 1,14 тыс. р. при изготовлении 1 тыс. м<sup>3</sup> плит перекрытий и внутренних стен.

Система контроля разработана НИИЖБ и трестом Оргтехстрой Минстроя ЛитССР и внедрена на Вильнюсском, Клайпедском, Шауляйском и Каунасском ДСК.

## Методы неразрушающего контроля при обследовании железобетонных конструкций

При обследовании железобетонных конструкций в промышленных зданиях устанавливается возможность увеличения нагрузок на них при реконструкции производства, а также влияние условий эксплуатации на состояние конструкций.

Прочность бетона рекомендуется определять методами отскока и пластической деформации под действием динамической нагрузки (склерометр КМ и эталонный молоток Кашкарова) в сочетании с более точным, но трудоемким методом отрыва со складыванием (приборы ГПНВ-5 и ГПНС-4). Параллельные испытания позволяют получить более точные данные.

Указанные методы контроля регламентированы ГОСТ 21243—75 и «Руководством по контролю прочности бетона в конструкциях приборами механического действия» (М., Стройиздат, 1972).

При обследовании выбирают участки без арматуры, используя магнитный метод. Ультразвуковой метод испытания применяют при дефектоскопии бетона.

Такой комплексный метод использовали при обследовании

железобетонных конструкций на 1-й Образцовой типографии, на Останкинском мясоперерабатывающем комбинате в Москве, а также на Нальчикском гидрометаллургическом заводе и других объектах. При испытании прочности бетона в арках моста через р. Москву было установлено, что фактическая прочность бетона значительно превышает проектную. Это позволяет провести трассу теплопровода по мосту без строительства специального для нее дюкера.

Применение неразрушающего контроля на строительстве Олимпийского стадиона способствовало повышению качества поставляемых свай.

Довольно часто обследуются конструкции, поврежденные в процессе эксплуатации, при пожарах и т. п. Оперативно выполненные в таких случаях обследования предотвращают возможность аварии конструкций при их дальнейшем использовании и сводят к минимуму затраты на их восстановление, сокращают сроки ввода в эксплуатацию.

Ежегодный экономический эффект от таких обследований составляет около 1 млн. р.

# БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА  
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ИЗДАЕТСЯ с апреля 1955 г

## СОДЕРЖАНИЕ

### Решения XXV съезда КПСС — в жизнь!

- Караваев Г. А.* Индустриализация — основа технического прогресса . . . . . 2  
*Экономить черные металлы в строительстве* . . . . . 5

### Трибуна соревнующихся

- Шевченко Н. А., Шапиро С. Б.* Слагаемые высокой эффективности . . . . . 7

### Конструкции

- Руденко В. А., Шилкин П. И.* Прочностные и деформативные характеристики шлакопемзобетонных стеновых панелей . . . . . 9  
*Вязовченко П. А., Зыков В. И., Лебедев Г. В., Аскенова Л. В., Иванов М. Ф.* Опыт укрупнения сеток колонн каркасных зданий серии ИИ-04 . . . . . 11

### Бетоны

- Иванов И. А., Нефедов В. В.* Влияние однородности керамзита на свойства керамзитобетона . . . . . 13  
*Макеева Л. А., Бужевич Г. А., Каган С. М., Батура А. К.* Исследование вспученного перлита и бетонов на его основе . . . . . 15  
*Михайлов И. П., Кондратьев М. И.* Прочностные и деформативные свойства керамзитозолобетонов . . . . . 17  
*Минас А. И., Наназашвили И. Х.* Специфические свойства арболита . . . . . 19  
*Волженский А. В.* По поводу статьи Ю. М. Баженова, В. Н. Мамаевского, А. Ф. Щурова и Т. А. Ершовой «Высокопрочный бетон с химическими добавками» . . . . . 20

### Заводское производство

- Иванов Г. С., Крикунов О. И., Дмитриев А. И., Топильский Г. В.* Технология восстановления водонепроницаемости напорных труб . . . . . 22  
*Эштейн В. Л., Хейло Ю. А., Ройзин П. Г.* Изготовление объемных блоков тоннелей на универсальном формовочном оборудовании . . . . . 24  
*Дворкин Л. И., Файнер М. Ш.* Эффективность добавок в прокатном производстве железобетонных изделий . . . . . 26

### В помощь проектировщику

- Мадатян С. А.* Учет эффектов преднапряжения арматуры при расчете прочности изгибаемых элементов . . . . . 28  
*Железняк В. И., Соколов А. Н., Островский В. А., Митник Г. С.* Формы и поддоны-вагонетки с трехточечным опиранием . . . . . 31

### Теория

- Кудзис А. П., Ноткус А.-И. И.* О погрешностях двухосных испытаний бетона . . . . . 32  
*Горчаков Г. И., Михайловский В. П., Пименов А. Т.* Решение задачи о монолитности слоистой системы . . . . . 35

### Вопросы экономики

- Бессер Я. Р.* Техничко-экономические показатели зимнего бетонирования . . . . . 37

### Долговечность

- Богословский В. Н., Ройтман В. М.* Взрывообразное разрушение бетона при пожаре . . . . . 39

### Нам пишут

- Румянцев В. В.* Автоматизация ямных пропарочных камер . . . . . 41

### Стандарты

- Вольф И. В., Брагинский В. Г.* ГОСТ на щебень из доменного шлака для бетона . . . . . 42

### Информация

- Крылов Б. А., Малинский Е. Н.* Семинар по современным методам тепловой обработки сборного железобетона . . . . . 43  
*Александров С. Е., Скоморохов В. В., Ярмаковский В. Н.* Рациональное использование шлаков и продуктов шлакопереработки в строительстве . . . . . 45

### Библиография

- Насонов Л. Н.* Новый учебник для техникумов . . . . . 46

© СТРОИИЗДАТ, 1978

6

(279)

ИЮНЬ 1978



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛИТЕРАТУРЫ  
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

МОСКВА



*Расширить выпуск новых строительных материалов, эффективных сборных строительных элементов, легких и экономичных крупноразмерных конструкций и изделий улучшенного качества с высокой степенью заводской готовности, обеспечивающих повышение уровня индустриализации, снижение материалоемкости и стоимости строительства ...*

Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы

Г. А. КАРАВАЕВ, министр строительства СССР

УДК 69.003:658.011.8

## Индустриализация — основа технического прогресса

Главным направлением технического прогресса и основой роста производительности труда в капитальном строительстве была, есть и долгие годы будет оставаться его индустриализация, дальнейшее превращение строительной площадки в механизированное место сборки и монтажа зданий и сооружений из элементов заводского изготовления.

Основой индустриализации строительства является сборный железобетон. Объем его производства в стране постоянно увеличивается. На предприятиях Минстроя СССР, например, в 1978 г. выпуск сборного железобетона достигнет 16 млн. 230 тыс. м<sup>3</sup>. Это более чем на 10% превзойдет объем производства в 1975 г. Рост применения сборного железобетона на стройках министерства позволил увеличить удельный вес полносборного строительства с 62% в 1975 г. до 69% в 1977 г., в том числе промышленного — с 64 до 82%; сельского производственного — с 71,5 до 78,5%; жилищного — с 60 до 66%; культурно-бытового — с 47 до 60%.

Выполняя постановление Совета Министров СССР от 3 января 1977 г. «О некоторых мерах по повышению технического уровня производства железобетонных конструкций и более эффективному использованию их в строительстве», министерство разработало дополнительные меры по дальнейшему развитию и совершенствованию технологии его производства и применения. На сооружение новых, реконструкцию, расширение и техническое перевооружение действующих предприятий, выпускающих такую продукцию, в текущей пятилетке предусмотрено израсходовать 335 млн. р.

капиталовложений. Причем особый упор сделан на реконструкцию и техническое перевооружение. На эти цели намечено затратить 175 млн. р., что в 1,5 раза больше, чем в девятой пятилетке. В результате только за счет обновления действующих предприятий прирост производственных мощностей в десятой пятилетке составит 740 тыс. м<sup>3</sup> против 480 тыс. м<sup>3</sup> в 1971—1975 гг. А это значит, что значительного роста производственных мощностей мы добьемся с наименьшими затратами.

Для определения технической направленности в проектировании новых, а также реконструкции и техническом перевооружении действующих предприятий сборного железобетона и крупнопанельного домостроения министерство провело анализ применяемых в настоящее время технологических линий по изготовлению различных видов изделий и конструкций. Наиболее производительные и экономичные из них отобраны для внедрения на вновь строящихся и действующих предприятиях. При этом особое внимание уделено рациональному размещению и специализации предприятий по производству наиболее эффективных конструкций, позволяющих повысить уровень индустриализации строительства при одновременном сокращении трудовых затрат и снижении расхода основных материалов. В частности, за последние годы значительно увеличился выпуск изделий из легких бетонов, и в 1978 г. объем их производства достигнет 3440 тыс. м<sup>3</sup>, что на 10,3% больше, чем в 1975 г.

Положительный опыт изготовления и применения керамзитобетонных несущих

и ограждающих конструкций накоплен в организациях Главульяновскстроя, Главвладивостокстроя, Мордовского, Калининского территориальных управлений строительства и ряде других подразделений министерства. Мы будем и в дальнейшем развивать производство и применение такой продукции во всех видах строительства.

В последнее время наметилась тенденция к увеличению использования высокопрочных железобетонных изделий. В нынешнем году министерство планирует изготовить 78 тыс. м<sup>3</sup> несущих конструкций из бетонов марки М 500 и выше. В последующие годы их применение будет резко увеличиваться, получат массовое распространение изделия из бетона марки М 600 и выше. Уже в этом году в г. Гусь-Хрустальном (Владимирская обл.) будет закончено строительство корпуса ремонтных мастерских, где на устройстве кровли используются облегченные балки, разработанные НИИЖБ и ЦНИИПромзданий и сделанные из бетона марки М 600.

Министерство проводит курс на индустриализацию массового строительства объектов культурно-бытового назначения (школ, дошкольных учреждений, объектов здравоохранения и т. п.), широко применяя конструкции унифицированного каркаса серии ИИ-04, а в сейсмических районах — серии ИИС-04. Большинство предприятий уже перешли или переходят на выпуск усовершенствованных изделий этой серии. Сейчас на их производстве специализировано 35 технологических линий, крупные мощности, в частности, созданы в Главвологатовскстрое, Минстрое Грузинской ССР

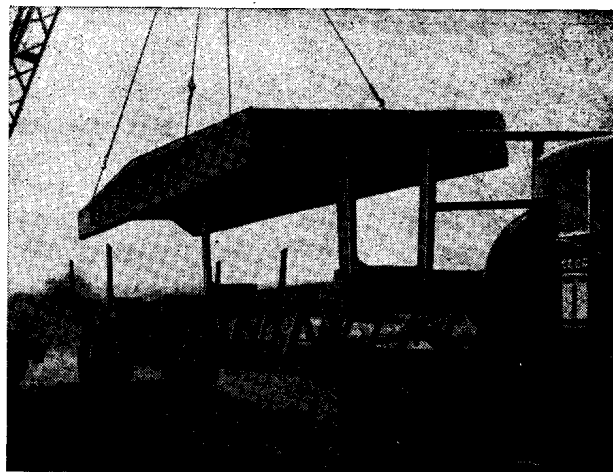
и ряде других территориальных подразделений. В прошлом году они выпустили 660 тыс. м<sup>3</sup> изделий связевого каркаса.

Широко применяются такие конструкции также в строительстве административно-бытовых и производственных объектов, лабораторных и инженерных корпусов промышленных предприятий, сооружений повышенной этажности. Общая площадь зданий, построенных в прошлом году с применением изделий связевого каркаса, составила по министерству 1450 тыс. м<sup>2</sup>, что значительно превышает этот показатель за 1976 г.

Подразделения Минстроя СССР на местах внедрили оборудование и приспособления, повышающие точность и качество монтажа конструкций серии ИИ-04. Широко применяются, в частности, рамно-шарнирные индикаторы на объектах, возводимых организациями Главвологятскстроя, Владимирского территориального управления, Минстроя Латвийской ССР. Разработаны и внедрены специальные комплекты для сварки и замоноличивания стыков колонн. Оригинальное монтажное приспособление для установки и выверки многоэтажных колонн изготовлено и применяется в Калининградском и Чувашском управлениях строительства. В результате многие сданные в эксплуатацию объекты (школы в Калининграде, Дом быта в Чебоксарах, административные здания в Ярославле и т. д.) отличаются хорошим качеством.

Следует сказать, что работа по внедрению в практику строительства изде-

Рис. 2. Преднапряженная керамзитобетонная плита покрытия промышленных зданий размером 3×18 м типа П (Калининское территориальное управление строительства)



лий серии ИИ-04 и дальнейшему повышению их эффективности на этом не останавливается. Передовые коллективы продолжают постоянный поиск новых решений. Так, в Калининградском и Чувашском территориальных управлениях разработали и внедрили самонесущий конструктивный вариант панельной стены. Это позволило значительно снизить расход стали, трудоемкость изготовления и монтажа сборных элементов, повысить качество строительства.

Особенно большой эффект дает применение бесстыковых многоэтажных колонн на всю высоту здания, впервые разработанных и внедренных в серии ИИ-04. Их конструкция позволила значительно упростить изготовление других изделий и монтаж всего каркаса. Трудозатраты на производство самих колонн уменьшились на 20%, а время, необхо-

димое на монтажную сварку, сократилось в 2—3 раза. Применение таких изделий при сооружении здания общественного центра в Чебоксарах позволило сократить расход стали с 25 до 15 т. Подводя итоги сказанному, нельзя не отметить, что большую практическую помощь в освоении производства и внедрении усовершенствованных конструкций названной серии нам оказывает ЦНИИЭП торгово-бытовых зданий и туристских комплексов.

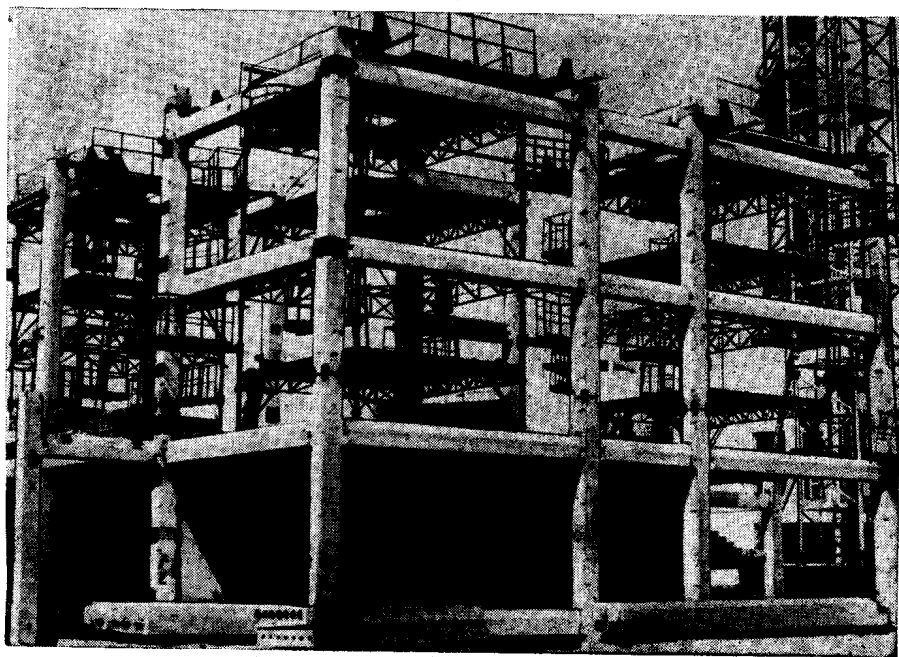
Хотелось бы упомянуть и о дальнейшем развитии мощностей по производству железобетонных и керамзитобетонных перегородок для промышленного и гражданского строительства. Только за последние два года в системе министерства вошли в строй действующих предприятия, способные выпустить около 1,2 млн. м<sup>2</sup> перегородок в год. Сейчас их удельный вес на сооружаемых нами объектах превысил 50%.

Значительно возросший в десятой пятилетке объем сельского строительства, в особенности в Нечерноземной зоне РСФСР, потребовал от министерства дополнительных мер. В частности, в связи с необходимостью применения более эффективных конструкций нами пересмотрены ранее принятые типы изделий для сельских одноэтажных производственных зданий, складских и вспомогательных помещений.

Высокого уровня индустриализации сооружения крупных комплексов добивается Гатчинский сельский строительный комбинат (Главзапстрой). Его мощности намечено увеличить с 49,5 до 100 тыс. м<sup>3</sup> сборного железобетона. В ближайшие годы планируется создать крупные специализированные предприятия по выпуску конструкций для производственного сельского строительства в Иванове и Рыбинске (Ярославская обл.).

Большую работу проводит министерство по дальнейшему совершенствованию технологии производства сборных конст-

Рис. 1. Монтаж в г. Горьком здания больницы (серия ИИ-04) с помощью УРШИ



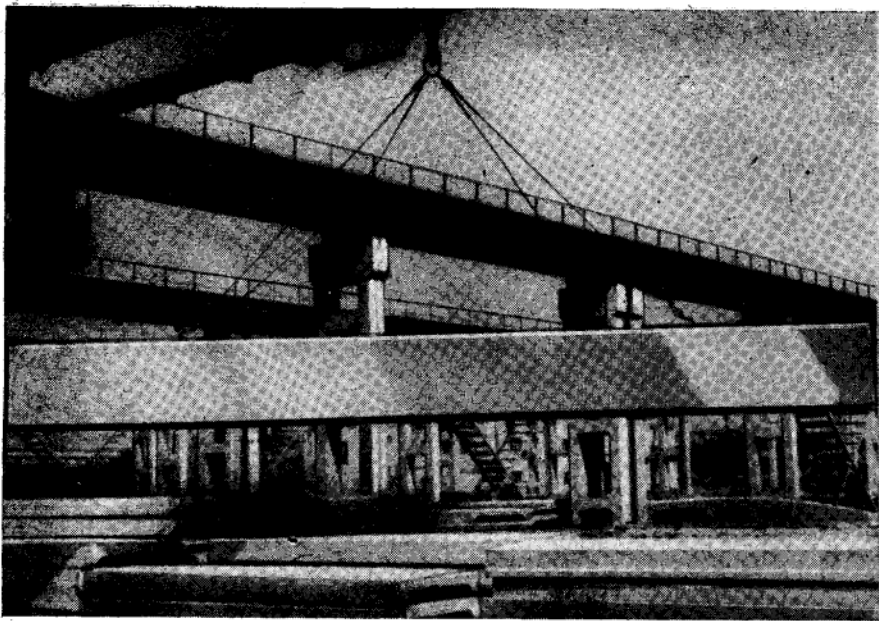


Рис. 3. Стеновые панели длиной 12 м, серии 1.432-3, облицованные плиткой производства Чебоксарского завода ЖБК-9

рукций: автоматизируются бетоносмесительные узлы, включая процессы приготовления и транспортирования бетонных смесей; значительная часть пропарочных камер оснащается приборами, позволяющими осуществлять тепловую обработку изделий в автоматическом режиме.

Для дальнейшего улучшения архитектурного облика застройки, а также снижения материалоемкости министерство успешно продолжает начатое в 1971 г. массовое внедрение так называемой ударной технологии формования железобетонных изделий. В прошлом году таким способом было изготовлено 155,5 тыс. м<sup>3</sup> продукции, т. е. в 2 с лишним раза больше, чем в 1975 г. А для расширения внедрения этой технологии к концу пятилетки намечено оснастить столами ударного действия все предприятия крупнопанельного домостроения и ряд заводов сборного железобетона, предназначенного для соцкультбытового и промышленного строительства. Запланировано также внедрение резонансных низкочастотных виброплощадок. Около 30 шт. их будет изготовлено предприятиями министерства уже в текущем году.

По опыту московских заводов, выпускающих изделия для крупнопанельного домостроения, в 1977 г. на 20 предприятиях внедрен метод рельефной отделки наружных стеновых панелей с использованием белого и цветного цемента. Из наружных стеновых панелей с такой отделкой уже ведут монтаж до-

мов Гатчинский, Калининский, Томский, Вильнюсский, Новосибирский и ряд других домостроительных комбинатов.

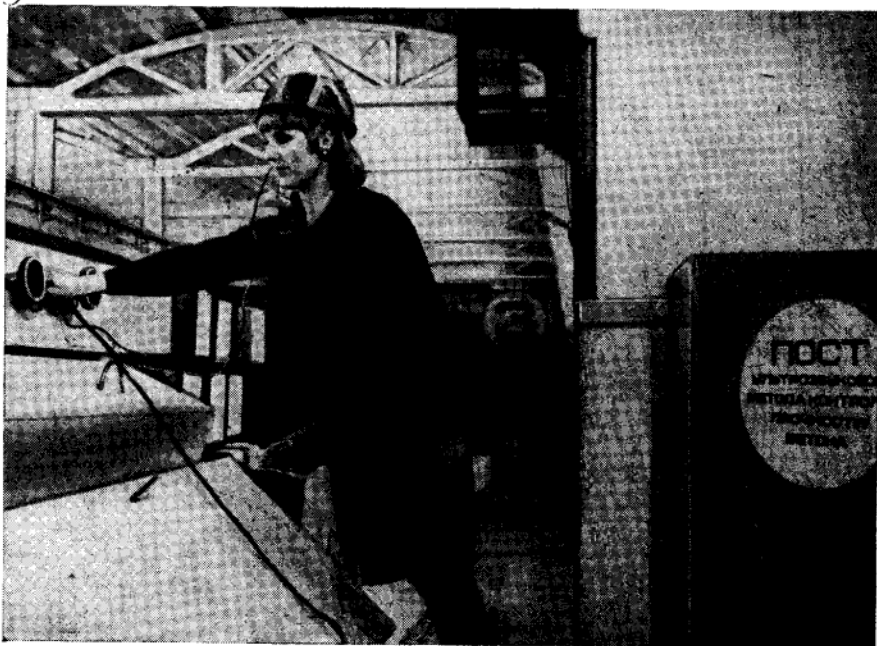
Учитывая, что одним из наиболее трудоемких процессов при производстве сборных железобетонных конструкций является изготовление арматурных каркасов, министерство организовало разработку и изготовление высокопроизводительного арматурно-сварочного обо-

рудования, которым оснащаются предприятия базы. В настоящее время изготовлено и уже эксплуатируется более 300 единиц такого оборудования. Экономический эффект от его внедрения превысил 1,3 млн. р. Кроме того, это позволило условно сократить трудозатраты на 70 тыс. чел.-дн. Еще 300 единиц эффективного арматурно-сварочного оборудования будет изготовлено и внедрено на наших предприятиях в нынешнем году.

Наряду с увеличением выпуска и освоением производства новых эффективных железобетонных конструкций осуществляется комплекс мероприятий по улучшению качества изделий, повышению степени их заводской готовности, а также совершенствованию системы и методов контроля. На предприятиях крупнопанельного домостроения, например, внедрено более 130 механизированных линий и постов для отделки изделий касетного производства и наружных стеновых панелей. Это позволяет значительно повысить степень их заводской готовности.

Продолжаются работы по внедрению прогрессивных контрольно-измерительных приборов для осуществления неразрушающего контроля качества продукции ультразвуковыми, магнитометрическими и радиоизотопными методами. Предприятия министерства уже оснащены около 100 стационарными стендами и установками, более 330 переносными приборами для определения прочности бетона непосредственно в конструкциях.

Рис. 4. Многопостовая установка для контроля железобетонных конструкций различной номенклатуры (трест Оргтехстрой Главзапстрой)



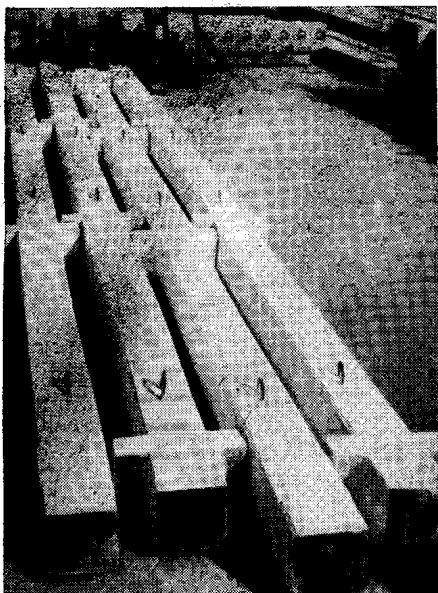


Рис. 5. Преднапряженные колонны серии ИИ-04 высотой на 3 этажа на заводе ЖБИ-1 (Калининградское территориальное управление строительства)

В прошлом году неразрушающими методами было проконтролировано около 30% продукции, или на четверть с лишним больше, чем в 1975 г.

Сейчас 21 предприятие, оснащенное контрольно-измерительными приборами, переведено министерством на применение неразрушающих методов контроля. Одновременно им разрешено число испытываемых образцов-кубов сократить до 60% и исключить из выборочных испытаний до полного разрушения 1% готовых изделий и конструкций. Это позволит предприятиям ежегодно экономить около 4 тыс. т цемента и около 1 тыс. т металла. Будут снижены также стоимость и трудоемкость проведения контроля.

Большое внимание министерство уделяет повышению качества выпускаемой продукции. Оно осуществляет постоянный контроль за тем, в какой степени она отвечает требованиям государственных стандартов и технических условий, а также планомерно организует аттестацию ее качества. Проведению аттестации предшествует большая работа по совершенствованию технологии, организации труда, созданию стандартов предприятий, технических условий, ведется разработка карт технического уровня по видам продукции.

В прошлом году по первой категории качества было аттестовано свыше 800 изделий. Ведется подготовка к присвоению государственного Знака качества отдельным видам продукции, выпускаемой промышленными предприятиями

Минстроя Латвийской ССР, Калининградского территориального управления и других подразделений министерства.

По заказу министерства ЦНИПИАСС Госстроя СССР ведет разработку АСУ аттестации качества промышленной продукции (АСУ-АКП). Ввод в действие автоматизированной системы, экспериментальное внедрение которой будет осуществлено в самое ближайшее время, позволит резко повысить качество управления этой важнейшей работой.

Значительную научно-техническую и практическую помощь в дальнейшем развитии и совершенствовании производства сборного железобетона оказывают нам научно-исследовательские институты Госстроя СССР — НИИЖБ, ЦНИИПромзданий и др. Постоянно занимаются этим важнейшим вопросом и Специальное конструкторско-технологическое бюро Стройиндустрия и проектные организации министерства.

Но в этом деле еще есть некоторые трудности и нерешенные вопросы, которые сдерживают дальнейший технический прогресс в производстве и применении сборного железобетона. К таким проблемам в первую очередь следует отнести недостатки в обеспечении наших организаций цементами марок 600 и 700, эффективными марками арматурной стали, пластифицирующими добавками и т. д. Нам недостаточно выделяют приборов и аппаратуры для определения качества изделий неразрушающими методами контроля, не организован ремонт этой техники на специализированных предприятиях.

До сих пор у строителей крайне мало государственных стандартов на различные изделия из железобетона. Это связано с необходимостью дополнительной разработки большого числа ведомственных нормативных документов, на что затрачивается много сил и средств. Есть и другие трудности и вопросы, над решением которых мы постоянно работаем.

По всем этим вопросам министерство разработало обстоятельные перспективные планы. В них предусматривается дальнейшее развитие промышленности сборного железобетона. Его выпуск к 1980 г. будет доведен до 17,2 млн. м<sup>3</sup>. При этом также значительно возрастет доля предварительно-напряженных и высокопрочных несущих конструкций, изделий из легких и ячеистых бетонов. Все это позволит поднять уровень индустриализации капитального строительства и обеспечить успешное выполнение поставленных XXV съездом КПСС задач по дальнейшему повышению его эффективности и качества.

## Экономить

### черные металлы в строительстве

В решениях XXV съезда КПСС и декабрьского (1977 г.) Пленума ЦК КПСС особое внимание уделено усилению работы во всех отраслях народного хозяйства по обеспечению экономии материально-технических и энергетических ресурсов и, в первую очередь, по экономии черных металлов.

Строительная отрасль является крупнейшим потребителем металла, используя ежегодно более 12 млн. т арматурных сталей, 8 млн. т фасонного и листового металлопроката, 11 млн. т стальных труб. Поэтому снижение расхода стали в строительстве представляет особую важную народнохозяйственную задачу.

В ответ на Письмо ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ партийным, советским, хозяйственным, профсоюзным и комсомольским организациям, трудящимся Советского Союза, а также во исполнение рекомендаций Всесоюзного совещания в Челябинске по экономии металла научно-исследовательские, проектные, строительные и монтажные организации, предприятия строительной индустрии, строительные министерства и ведомства развернули работу по всемерному снижению расхода металла в строительстве. Активную работу в этом направлении проводит НТО стройиндустрии.

Ряд научно-исследовательских и проектных институтов Госстроя СССР и Госгражданстроя — ЦНИИПроектстальконструкция, ЦНИИПромзданий, Госхимпроект, Харьковский Промстройини-проект, ЦНИИЭП жилища, ЦНИИЭП торгово-бытовых зданий и туристских комплексов, НИИЖБ и НИИОСП им. Герсеванова выступили с инициативой добиться выполнения и перевыполнения заданий десятой пятилетки по снижению металлоемкости на объектах, намеченных к строительству в 1978—1980 гг., и обеспечить дополнительную экономию стали в 1978 г. в размере 170 тыс. т и в 1979—1980 гг. — 465 тыс. т.

Поддерживая эту инициативу, ряд министерств и ведомств — Минэнерго СССР, Минтяжстрой СССР, Минпромстрой СССР, Минсельстрой СССР, Минтрансстрой, Минмонтажспецстрой СССР,

Мосгорисполком — взяли на себя обязательства обеспечить реализацию в 1978—1980 гг. некоторых новых технических решений: осуществить строительство жилых домов и общественных зданий с рациональным армированием по откорректированным типовым проектам, изготовить железобетонные конструкции из высокопрочных бетонов в объемах до 300 тыс. м<sup>3</sup> в 1978 г. и 650 тыс. м<sup>3</sup> в 1980 г., прогрессивные виды железобетонных свай в объемах 830 тыс. м<sup>3</sup> и 1240 тыс. м<sup>3</sup> соответственно, применить способ строительства подземных сооружений методом «стена в грунте» в объемах 110 тыс. м<sup>2</sup> и 200 тыс. м<sup>2</sup>, штампованные и облегченные закладные детали для железобетонных конструкций, изготовить замкнутые стальные гнutosварные профили. Реализация этих решений обеспечит снижение расхода стали до 100 тыс. т в 1978 г. и до 200 тыс. т — в 1980 г.

Для обмена передовым опытом, поиска резервов сокращения металлоемкости объектов, рационального использования проката и металлических труб при проектировании зданий и сооружений, изготовлении строительных конструкций и оборудования в апреле 1978 г. в Москве состоялось Всесоюзное совещание-семинар по вопросам дальнейшей экономии черных металлов в строительстве.

Направленное на реализацию решений XXV съезда КПСС и декабрьского (1977 г.) Пленума ЦК КПСС, совещание-семинар было организовано Госстроем СССР, ЦК профсоюза рабочих строительства и промышленности строительных материалов, Центральным правлением НТО строительной индустрии.

Обсудить поставленные вопросы собрались руководители и специалисты министерств и ведомств СССР, Госгражданстроя, госстроев союзных республик, научно-исследовательских, проектных, строительного-монтажных организаций, предприятий строительной индустрии, строительных материалов, черной металлургии. В работе совещания-семинара, проходившего под председательством заместителя председателя Госстроя СССР М. Г. Чентемирова, приняли участие 645 человек из 270 различных организаций.

Выступивший с вступительным словом заместитель Председателя Совета Министров СССР, председатель Госстроя СССР И. Т. Невников подчеркнул исключительную важность обсуждаемой проблемы, привел примеры хозяйского отношения к металлу, проанализировал и подверг критике еще часто встречающиеся случаи его нерационального использования, наметил возможные пути решения поставленных задач.

Говоря об имеющихся резервах экономии металла, докладчик отметил, что больших успехов в этом важном деле добились строители, проектировщики, ученые, производственники Южного Урала, инициатива которых была одобрена в постановлении ЦК КПСС «Об организаторской и политической работе Челябинского обкома партии по экономии черных металлов на предприятиях и стройках области в свете требований XXV съезда КПСС». Известно немало хороших примеров бережного отношения к металлу и на других стройках страны.

Однако не везде еще уделяют достаточно внимания вопросам сокращения металлоемкости в строительстве. В ряде случаев имеет место низкий уровень организаторской работы, исполнительской дисциплины и ответственности за своевременное и качественное выполнение намеченных мероприятий по экономии металла, медленно внедряются новая техника и передовой опыт.

В последние годы коллегия Госстроя СССР неоднократно рассматривала доклады министерств и ведомств о принимаемых ими мерах по повышению эффективности использования металла в строительстве. При этом серьезной критике были подвергнуты многие проекты предприятий, зданий и сооружений, разработанные с нарушением действующих норм проектирования, а также Технические правил по экономному расходованию основных строительных материалов, утвержденных Госстроем СССР. В ряде случаев министерства продолжают представлять в Госстрой СССР необоснованные предложения по применению в проектах стальных конструкций вместо железобетонных.

Проведенная Госстроем СССР проверка 17 заводов железобетонных изделий, подведомственных Минтяжстрою СССР, Минпромстрою СССР, Минстрою СССР и Минстройматериалов СССР, показала, что перерасход металла на изготовление ими железобетонных конструкций для промышленного строительства достигает 7% по сравнению с проектными решениями. Значительное количество металла теряется на предприятиях строительной индустрии при выпуске ими бракованной продукции. Ежегодно этот ущерб составляет около 70 тыс. т арматурной стали.

Большие резервы экономии металла имеются в жилищно-гражданском строительстве. В некоторых проектах жилых домов и общественных зданий допущено необоснованное завышение норм расхода металла. Необходимо всемерно ускорить перевод предприятий крупнопанельного домостроения на выпуск конструкций жилых домов новых серий по откорректированным проектам. Это позволит еже-

годно экономить около 150 тыс. т арматурной стали.

В настоящее время более 120 млн. м<sup>3</sup> сборных бетонных и железобетонных изделий в год монтируют, как правило, с помощью стальных петель. После монтажа большая часть их остается в конструкциях, а часть срезают. Ежегодно на строповочные петли уходит более 500 тыс. т металла, что составляет 10% общего расхода на производство железобетона. Подсчитано, что при беспетлевом монтаже наиболее распространенной в строительстве конструкции — многопустотной панели перекрытия можно получить годовую экономию стали в размере 90 тыс. т. На закладные детали в железобетонных конструкциях ежегодно расходуется около 800 тыс. т металла. Повсеместный переход на облегченные типы закладных деталей, разработанные институтами Госстроя СССР, позволяет снизить этот расход металла на 10%. Крутым резервом экономии металла на заводах сборного железобетона является увеличение оборачиваемости парка металлических форм и оснастки.

О задачах по экономии металла на стадии научных и проектных разработок и путях их решения рассказали руководители восьми проектных и научно-исследовательских институтов Госстроя СССР и Госгражданстроя, коллективы которых первыми включились в социалистическое соревнование за всемерное снижение металлоемкости. С докладами выступили заместитель министра черной металлургии СССР Г. Е. Овчинников и ряд руководителей научных и проектных организаций.

На совещании выступил заместитель Председателя Совета Министров СССР В. Э. Дымшиц.

Многие докладчики рассказали о конкретном производственном опыте экономии металла на предприятиях сборного железобетона, ДСК и на стройках, что свидетельствует о больших, еще не использованных резервах в этом направлении. Вместе с тем выступавшие отметили, что еще зачастую имеют место случаи, когда предприятия-поставщики отгружают потребителям арматурную сталь не того сортамента или завышенных диаметров, что ведет к значительному ее перерасходу в конструкциях против проектных решений.

Работники Челябинского, Череповецкого, Макеевского металлургических заводов выступили с сообщениями об освоении этими предприятиями совместно с НИИЖБ новых эффективных видов арматурных сталей. Докладчики подчеркнули, что путем разработки и внедрения в строительство таких сталей, в том



числе с государственным Знаком качества, экономия ее в 1978—1980 гг. составит 130 тыс. т. Эта работа проводится НИИЖБ на основе договоров о творческом содружестве с Череповецким, Криворожским и другими металлургическими заводами страны.

В работе совещания приняли участие заведующий Отделом строительства ЦК КПСС И. Н. Дмитриев, министр строительства СССР Г. А. Караваев, министр промышленного строительства А. М. Токарев, министр монтажных и специальных строительных работ СССР Б. В. Бакин, министр строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности Б. Е. Щербина, председатель правления Стройбанка СССР М. С. Зотов, председатель Центрального правления НТО строительной индустрии, заместитель председателя Госстроя СССР И. И. Ищенко, секретарь ЦК профсоюза рабочих строительства и промышленности строительных материалов О. Д. Опекунов.

Участники совещания-семинара, проходившего под лозунгом «Все знания, умение, энергию — на выполнение решений партии по экономии черных металлов в строительстве!», единодушно выразили уверенность в том, что задания партии будут выполнены.

*В последующих номерах нашего журнала будут опубликованы Рекомендации Всесоюзного совещания-семинара по вопросам дальнейшей экономии черных металлов в строительстве.*

## Вышли в свет:

Белоусов Е. Д. и Линде Е. М. *Отделочные работы в сборном домостроении.* М., Стройиздат, 1978. 176 с., 10000 экз., 50 к.

*Возведение одноэтажных промышленных зданий унифицированных габаритных схем.* Изд. 2-е, перераб. и доп. Сост. Р. А. Гребенник, М. Я. Егнус и Ш. Л. Мачабели. М., Стройиздат, 1978. 198 с., 7000 экз., 1 р. 60 к.

## Трибуна соревнующихся

Зам. главного инженера Н. А. ШЕВЧЕНКО, ст. инженер техотдела  
С. Б. ШАПИРО (Харьковский ордена «Знак Почета» ДСК-1)

УДК 69.003:658.387.64

### Слагаемые высокой эффективности

Харьковский ордена «Знак Почета» ДСК-1 комбината Харьковжилстрой Минпромстроя УССР называют флагманом крупнопанельного домостроения на Украине. Он был создан в 1961 г. на базе типового цеха КПД мощностью 70 тыс. м<sup>2</sup> для 5-этажных домов серии I-464, керамзитовой установки мощностью 100 тыс. м<sup>3</sup> в год и строительно-монтажного управления. Сегодня ДСК-1 ежегодно осваивает более 75 млн. р., возводит свыше 600 тыс. м<sup>2</sup>, сооружая 9-, 12-, 16-этажные жилые дома, каркасно-панельные школы, дошкольные учреждения и другие объекты культурно-бытового назначения.

За период своего существования комбинат построил свыше 7 млн. м<sup>2</sup> жилья, 47 детских яслей-садов на 12 000 мест и 17 общеобразовательных школ на 27 тыс. учащихся. Без значительного прироста производственных площадей выпуск сборного железобетона возрос в 8 раз, выработка — в 2,2 раза, прибыль — в 9,6 раза. Это стало возможным благодаря самоотверженному труду всего коллектива, организации и совершенствованию форм и методов социалистического соревнования, целенаправленному инженерному поиску, научно-информационному обеспечению ведущих на ДСК-1 разработок, внедрению достижений науки и техники, изобретений и рацпредложений, направленных на совершенствование технологических процессов, а также осуществлению комплексных планов научной организации труда, производства, управления и социального развития.

За успехи, достигнутые в крупнопанельном строительстве, комбинат неоднократно награждали переходящими Красными знаменами ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ, Юбилейным памятным знаком ЦК КПСС, Президиума Верховного Совета СССР, Совета Министров СССР и ВЦСПС в ознаменование 50-летия создания СССР.

За достижение наиболее высоких показателей коллектив комбината награжден Памятным знаком «За трудовую доблесть в девятой пятилетке» с занесением на Всесоюзную доску почета на ВДНХ СССР.

Ударно трудятся домостроители и в десятой пятилетке. План первых двух лет выполнен досрочно по всем технико-экономическим показателям. Многие бригады комбината выполнили его к 60-летию Великого Октября. За успешное выполнение народнохозяйственного плана 1977 года, повышение эффективности и качества работы Харьковский ДСК-1 признан победителем во Всесоюзном социалистическом соревновании и награжден переходящим Красным знаменем ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ.

На ДСК-1 находит применение все новое в крупнопанельном домостроении страны. Мы проводим систематическую работу по повышению качества строительства, на комбинате разработана и внедряется комплексная система управления качеством. Вопросы качества изготавливаемых изделий, повышения личной ответственности исполнителей, морального и материального стимулирования передовиков труда стали одними из основных разделов Положения о социалистическом соревновании между цехами и бригадами.

В настоящее время на комбинате принята система оценки качества продукции, разработанная на основе «Сборника положений о премиальных системах, действующих на ХДСК-1» и Положений об аккордно-премиальной системе оплаты труда рабочих по выпуску железобетонных изделий.

Сдача изделий предусматривается с первого, второго и третьего предъявления, а в основу премирования за качество приняты два вида оценок: «хорошо» и «отлично». Работа считается выполненной на «отлично», если принята без отступления от рабочих чертежей, соответствует требованиям СНиП, ГОСТа и ТУ и сдана с первого предъявления. Если она принята после устранения дефектов, выявленных при первом предъявлении, но выполнена без отступления от рабочих чертежей, в соответствии с нормативными требованиями, то считается выполненной на «хорошо». Если изделия принимаются с третьего предъявления или заслуживают оценки «удов-

летворительно» и премия за работу не начисляется. Объем изделий, принятых на «отлично», должен составлять не менее 80% общего объема сдаваемой продукции, только в этом случае премия начисляется в полном размере. При невыполнении установленных показателей по качеству премия снижается.

Ход социалистического соревнования отмечают на специальном стенде. Заводской комитет профсоюза и администрация ежемесячно на совместном заседании подводят итоги. Цеху-победителю вручаются переходящее Красное знамя и денежная премия, лучшей бригаде — выпелл и денежная премия. О победителях соревнования рассказывает местное радио, материалы о них публикуются в стенной печати.

Наиболее высокоорганизованным участком ДСК является арматурное производство. Изготовление сеток, плоских и пространственных арматурных каркасов для железобетонных изделий осуществляется на высокопроизводительных полуавтоматических линиях. Новаторы и рационализаторы арматурного цеха выполнили большую работу по модернизации серийно выпускаемого сварочного оборудования, что позволило значительно усовершенствовать технологию производства. Цех обеспечивает ежесуточно переработку более 70 т арматуры различного профиля, прирост производительности труда составил 0,3%. Стоимость изготовления 1 т арматуры снизилась на 7 р. За разработку и внедрение новых эффективных арматурных линий ДСК награжден медалями ВДНХ СССР.

Значительный вклад в повышение эффективности арматурного производства вносит слесарь-наладчик, заслуженный строитель УССР, заслуженный рационализатор УССР, кавалер ордена Ленина В. П. Алферов. При его участии изготовлены и введены в эксплуатацию автоматическая линия по выпуску пространственных каркасов плит перекрытий и внутренних стен и линия со стыковарочным агрегатом по безотходному изготовлению плоских каркасов. Отходы арматурной стали были сведены к минимуму, производительность труда арматурщиков повысилась на 8%.

Правофланговым социалистического соревнования на ДСК является коллектив формовочного цеха № 5. Здесь были модернизированы типовые кассетные установки системы Гипростройиндустрия. В результате число формовочных отсеков увеличено до 12; вместо сборной паровой рубашки применена сварная; установлен борт на шарнирной подвеске; механический привод заменен гидравлическим. Оснащение установок автоматическим регулированием в комплексе с

эжекторной и беспланговой системой подачи пара, изменение внутриточечной системы циркуляции энергоносителя (каналы лабиринтной системы вместо перфорированных труб) позволили сократить цикл термообработки.

Образцы ударного труда на кассетных установках показывает бригада формовщиков, возглавляемая депутатом областного Совета народных депутатов А. И. Нарижным, выполняющая сменные задания на 130—135%. Не отстает от них бригада В. А. Чабана. Этот коллектив в творческом содружестве с экспериментальным цехом и строительной лабораторией применил метод водной и растворной пластификации бетонной смеси и на основе стеарина осуществляет смазку металлических форм. Вентиляционные блоки выпускаются без дополнительной отделки, с повышенной степенью заводской готовности. Обе эти бригады одними из первых на комбинате поддерживали почин коллектива Харьковского завода им. Шевченко — «С моего образцового рабочего места начинается образцовый участок, цех, завод, район, город».

В формовочном цехе № 3 изготовление панелей перекрытий, внутренних и наружных стен для домов серии II-57 осуществляется на вибропротатных станках БПС-6. В течение ряда лет сотрудники комбината внесли в конструкцию станков существенные изменения. Например, применены разрезные вкладыши проемообразователей, бортоснастка и заглаживающее устройство новой конструкции, что позволило повысить надежность работы стана, производительность труда, улучшить качество изделий.

Замена одновальных смесителей модернизированными двухвальными позволила применять щебень фракции до 25 мм, исключить случаи заклинивания смесителей, повысить качество перемешивания смесей, снизить расход цемента. Разработка и массовое применение комплекса химических добавок в процессе изготовления изделий на станках обеспечивает ускоренное (за 1,5—2 ч) достижение отпускной прочности тяжелых бетонов при особожестких режимах термообработки, на 7—10% снижается расход цемента.

В формовочном цехе № 5 на трехъярусном конвейере (модернизованном из типового двухъярусного) изготавливают доборные изделия для домов различных серий. Все основные операции на конвейере — подача бетонной смеси и отделочных растворов, перемещение форм, укладка арматуры, формование и отделка — механизированы. Бетонная смесь и отделочные растворы подаются на конвейер с помощью ленточных транспортеров. Укладка смеси производится

самходными бетоноукладчиками с одновременным уплотнением вибропесадками. Поверхности заглаживаются валиками.

Образцом творческого подхода к делу служит руководимая Н. М. Гусевым бригада формовщиков, регулярно выполняющая сменные задания на 135—137%.

Важным элементом улучшения качества является систематическая и планомерная работа по повышению уровня заводской готовности изделий. Непрерывно изыскиваются резервы повышения производительности труда на строительной площадке за счет максимального переноса трудоемких процессов со стройки в заводские цеха. Стремление к повышению уровня заводской готовности является генеральным направлением, важным инструментом научно-технического прогресса на ДСК-1.

При непосредственном участии формовщиков бригады В. М. Панасенко и механика экспериментального цеха В. И. Дубовика на ДСК были разработаны новые затирочные машины для конвейера отделки панелей в формовочном цехе № 1. На комбинате была предложена новая безолифная шкатлевка, в результате чего улучшились качество изделий и их заводская готовность.

Повышение уровня сборности достигается разработкой и освоением технологических линий и устройств для производства объемных элементов. Арматурные каркасы санитарно-технических кабин связываются из отдельных элементов на специальном кондукторе. Кабины изготавливают в стационарных формах с откидными бортами и жестким сердечником. Виброуплотнение бетонной смеси выполняют одновременно с ее укладкой.

Комплектуют и отделяют санитарно-технические кабины на разработанной специалистами комбината конвейерной линии, оборудованной технологическими постами. Здесь выполняют установку дверных коробок, навешивают дверные полотна, монтируют стояки и трубопроводы, устанавливают ванны и санитарно-техническую аппаратуру, производят шпатлевку и окраску кабин. На комбинате успешно эксплуатируется карусельно-конвейерная установка по изготовлению санитарно-технических кабин на гипсоцементнопуццолановом вяжущем.

Бригада формовщиков, руководимая депутатом районного Совета народных депутатов, кавалером орденов Ленина и Трудового Красного Знамени В. Е. Фараоновым, выполняет сменные нормы на 125—130%.

Эталоном культуры производства является на ДСК-1 формовочный цех № 6, в котором на трехъярусном конвейере изготавливают конструкции для 16-этажных жилых домов. Для формова-

ния двухмодульных керамзитобетонных наружных стеновых панелей длиной более 6 м разработаны и применяются формотележки с подвижными Г-образными бортами.

В разработке и освоении технологической линии для скоростного изготовления железобетонных рельефных изделий методом низкочастотного виброформования принимала участие бригада из формовочного цеха № 2, возглавляемая В. Н. Белинским. Коллектив регулярно перевыполняет план, сдает продукцию только хорошего качества. Многие члены бригады — активные рационализаторы. В нормальной, без поломок и аварий работе линии — значительная заслуга всей бригады.

На ДСК применяют комплекс современных физико-химических методов воздействия на структурообразование бетона с целью получения наиболее плотных и долговечных изделий. С помощью новой установки — ударного стола осуществляется уплотнение бетонной смеси колебаниями низкой частоты при большой амплитуде. Технологическая линия низкочастотного виброформования предназначена для изготовления изделий, к архитектурной выразительности, заводской готовности и качеству самого изделия — его лицевой поверхности, форме, точности размеров, а также качеству бетона — прочности, плотности, водонепроницаемости предъявляются повышенные требования.

В настоящее время на ударном столе изготавливают рельефные экраны лоджий, декоративные железобетонные панели для холодных зон высотных домов и элементы поворотных вставок к домам. Использование рельефных экранов и лоджий с различными рисунками, декоративных перфорированных панелей позволили в значительной степени разнообразить приемы и способы отделки зданий. В результате повышено качество, улучшена архитектурная выразительность строящихся жилых кварталов.

Идет третий год десятой пятилетки. Стремясь делом ответить на Письмо ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ партийным, советским, хозяйственным, профсоюзным и комсомольским организациям, трудящимся Советского Союза «О развертывании социалистического соревнования за выполнение и перевыполнение плана 1978 года и усилении борьбы за повышение эффективности производства и качества работы», коллектив Харьковского ДСК-1 прикладывает все силы, знания и энергию на решение одной из важнейших задач — строительство добротного красивого жилья для советского человека.

## Конструкции

Инж. В. А. РУДЕНКО (завод ЖБИ-7 Главлипецкстроя), канд. техн. наук  
П. И. ШИЛКИН (Липецкий политехнический ин-т)  
УДК 691.022—413:691.327:666.973.2:669.162.266.448:539.3/4

### Прочностные и деформативные характеристики шлакопемзобетонных стеновых панелей

Панели наружных стен для 9-этажных домов серии 111-91 в городе Липецке запроектированы толщиной 35 см из шлакопемзобетона марки М 75 с объемной массой в сухом состоянии 1650 кг/м<sup>3</sup> (серии I-464А — марки М 50). Расход материалов на 1 м<sup>3</sup> уплотненной бетонной смеси составил 280 кг шлакопортландцемента марки М 300, 1400 л заполнителя (шлаковой пемзы фракций 0—5, 5—10 и 10—20 мм соответственно 560, 400 и 440 л), 180 л воды и 4 л 5%-ного раствора СНВ; удобоукладываемость 20—30 с. Бетонную смесь уплотняли на виброплощадке с амплитудой 0,3 мм и частотой 3000 кол/мин. Свежеотформованные изделия до тепловлажностной обработки выдерживали в течение 3 ч. Режим пропаривания в камерах обычный — скорость подъема температуры не более 25—30°C/ч, изотермический прогрев в течение 8—10 ч.

Анализ стабильности технологического процесса методами математической статистики показал, что шлакопемзобетон, полученный в производственных условиях, удовлетворяет нормативным требованиям. В табл. 1 дана оценка однородности шлакопемзобетона марок М 75 и 50 по прочности на сжатие  $R$  в 28-суточном возрасте и по объемной массе в сухом состоянии  $\gamma$ .

Панели испытывали в соответствии с ГОСТ 8829—66 на стенде завода ЖБИ-7 Липецкого ДСК, нагружая их с помощью двух гидравлических дом-

Таблица 1

Показатели	$\gamma$	$R$
Среднее значение	1566/1513*	8,15/6,64*
Дисперсия	87,4/78,4	0,49/0,91
Коэффициент вариации	5,6/5,2	6,04/13,7
Коэффициент однородности	0,93/0,92	0,88/0,78

\* Над чертой — для марки М 75; под чертой — для марки М 50 [1].

кратов типа ДГ-100, расположенных симметрично в каждой простенке через ножевые шарниры с эксцентриситетом 3—5 см. Нагрузку прикладывали ступенями по 10—12% расчетной разрушающей с интервалом 10—15 мин. Отклонение размеров стеновых панелей от проектных значений составило не более  $\pm 5$  мм. Ширина технологических трещин в углах оконных и дверных проемов была в пределах 0,1 мм; при нагружении панелей они не развивались. Для измерения деформаций в направлении действия сил и в поперечном направлении на каждую панель устанавливали 8 индикаторов с удлинительными (база 300—500 мм). Для определения прогибов служили 6 прогибомеров ПАО-6, расположенных по осям простенков. Стеновую панель 5-этажного дома НС-1 серии I-464А испытали в возрасте 246 сут. Максимальная нагрузка 1500 кН, приложенная с эксцентриситетом 4,7 см, выше расчетной разрушающей в 2,23 раза. До разрушения панель не доводили. Считая  $E_b = 7,3 \cdot 10^3$  МПа, максимальные напряжения в панели достигали 7,2 МПа. Прогибы при контрольной нагрузке по образованию трещин равнялись 1,85 мм, что меньше  $1/400$  высоты панели, а при максимальной нагрузке — 6,48 мм. Кроме того, на каждом этапе измеряли начальные и вновь появившиеся трещины. При максимальной нагрузке ширина их раскрытия не превышала 0,2 мм.

При испытании наружных стеновых панелей 9-этажных домов серии 111-91 нагрузку передавали через распределительные балки отдельно на каждый простенок с эксцентриситетом 5 см на расстоянии 12,5 см от внутренней стороны панели. При такой схеме передачи усилий опорные участки преждевременно разрушались. Так, при испытании панели Н-25 в верхней опорной части левого простенка в сжатой зоне произошло местное разрушение бетона при сравнительно небольшой нагрузке

(600 кН). При дальнейшем увеличении нагрузки на правый простенок максимальный прогиб при нагрузке 900 кН составил 4,17 мм. Панель Н-21 испытывали в возрасте 13 сут. При нагрузке 600 кН со стороны растянутой зоны поперек простенков появились первые трещины на расстоянии 1,21 м от нижней грани панели, по-видимому, связанные со смятием бетона под опорами и их поворотом. При нагрузке 1200 кН опыты прекратили, так как бетон под верхними опорами разрушался от местного сжатия, при этом распределительные балки поворачивались, и дальнейшее нагружение оказалось невозможным.

Таблица 2

Панель	Прочность бетона, МПа		Возраст панели, сут.	Эксцентриситет, см	Максимальная нагрузка, кН	Максимальный прогиб, мм	Напряжения при максимальной нагрузке, МПа
	$R_{прон}$	$R_{н.к.}$					
НС-1	5	5,7	246	4,7	1500	6,48	7,2
Н-25	6,3	8	28	28	900 <sup>1)</sup>	4,17	9,7
Н-21	6	7,6	13	5,5	1200 <sup>1)</sup>	3,7	7,2
Н-25*	6,2	7,9	14	5	1600	3,36	8
Н-21*	6,4	8,9	51	3	1800	1,68	9,9

<sup>1</sup> Нагружение прекращено из-за смятия бетона.

Чтобы избежать этого, в дальнейшем устанавливали общую траверсу на всю длину панели. Усилия от домкратов прикладывали по осям простенков с эксцентриситетом в плоскости панели. При этом нагрузка частично перераспределяется на простенки и перемычку, что больше соответствует действительной работе наружных стеновых панелей. Результаты испытаний приведены в табл. 2. Панель Н-25\* испытывали в возрасте 14 сут. На пятом этапе нагружения (1000 кН) в верхней части простенков со стороны сжатой зоны появились трещины скола, которые с увеличением нагрузки развивались. В растянутой зоне панели при нагрузке 1450 кН возникла поперечная трещина на расстоянии 57 см от верхней грани. При нагрузке 1600 кН глубина ее достигла 17 см с шириной раскрытия до 2—3 мм; в сжатой зоне бетон скололся в виде клина толщиной 5—20 см и высотой 37 см.

Графики прогибов панели под нагрузкой представлены на рис. 1. Наибольшие прогибы простенков равны 3,23 и 2,67 мм, т. е.  $\frac{1}{805}$  и  $\frac{1}{1000}$  высоты панели, что значительно меньше  $\frac{1}{400}$

высоты простенков. Близкие значения прогибов в простенках указывают на достаточно равномерную передачу нагрузки от гидравлических домкратов. Максимальные продольные деформации на внутренней стороне панели при нагрузке 1000 кН в простенках составили 0,6 и 0,64 мм. Напряжения в панели при этом достигли 8,03 МПа (считаем шлакопемзобетон условно упругим:  $E_6 = 9,7 \cdot 10^3$  МПа).

Панель Н-21\* испытывали по уточненной ЦНИИЭП жилища схеме нагружения: контрольную нагрузку 1098 кН прикладывали с эксцентриситетом 3 см. При нагрузке 1200 кН появились диагональные трещины из углов оконного проема под углом  $45^\circ$  к вертикали (рис. 2). Поперечные волосяные трещины в простенках в растянутой зоне возникли при нагрузке 1450 кН, затем были обнаружены вертикальные трещины — в подоконной перемычке. Максимальная нагрузка, равная 1800 кН, выше контрольной разрушающей в 1,64 раза. До разрушения панель не доводили. Значения замеренных и теоретических деформаций близки между собой. Продольные деформации достигли 0,29 мм, что соответствует напряжению 9,91 МПа. Коэффициент поперечной деформации шлакопемзобетона, по опытным данным, в среднем равен 0,156.

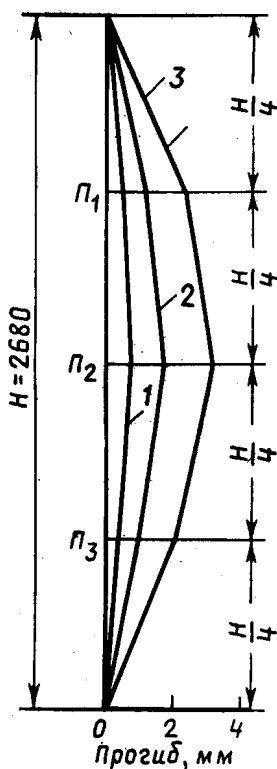


Рис. 1. Деформации прогибов панели при поэтапном нагружении нагрузкой: 600(1), 1200(2) и 1400(3) кН

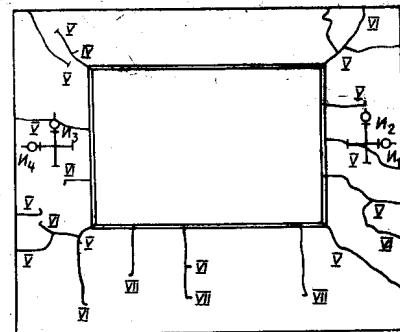


Рис. 2. Характер распространения трещин при испытании панели (цифрами обозначены этапы нагружения)

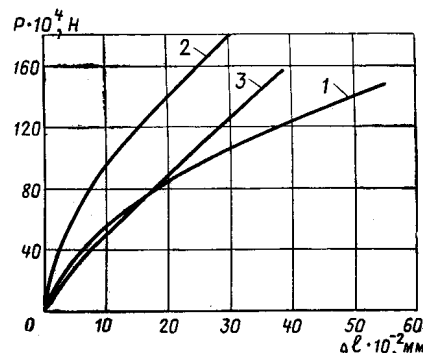


Рис. 3. Абсолютные деформации под нагрузкой наружных стеновых панелей

1 — Н-21, Н-25 серии 91 в возрасте двух недель; 2 — то же, в возрасте 1,5 мес; 3 — НС-1 серии 464 в возрасте 8 мес

Зависимость продольной деформации стеновых панелей под нагрузкой приведена на рис. 3. Более прочные стеновые панели Н-21\* и Н-25 деформируются меньше, чем панель НС-1 из шлакопемзобетона марки М 50 серии 1-464А и панели Н-25\* и Н-21 серии 91. Установлено, что наружные стеновые панели из шлакопемзобетона НС-1 и Н-21\* соответствуют ГОСТ 8829—66 по условиям прочности, жесткости и трещиностойкости. Панели Н-25\* и Н-21, испытанные под нагрузкой с эксцентриситетом 5 см, также отвечают требованиям прочности внецентренно-сжатых стеновых элементов из относительно малопрочных материалов.

Таким образом, конструкция панелей наружных стен из шлакопемзобетона марки М 75 по несущей способности, жесткости и трещиностойкости соответствует требованиям, предъявляемым к конструкциям для 9-этажных домов серии 91 со значительным запасом. Дальнейшее совершенствование технологии формирования панелей позволит перейти к строительству 12—16-этажных зданий.

## Опыт укрупнения сеток колонн каркасных зданий серии ИИ-04

Дальнейшее совершенствование общественных зданий, возводимых на основе каркасно-панельных конструкций серии ИИ-04, путем использования укрупненных сеток колонн продолжает оставаться одной из самых актуальных задач индустриализации строительства. Решающее значение при этом имеет состояние производственной базы, так как 60—80% общей трудоемкости сооружения каркасов зданий составляет заводская трудоемкость.

В Калининском территориальном управлении строительства (ТУС) много лет работают над повышением технического уровня зданий серии ИИ-04 с учетом максимального сохранения существующего парка форм, технологического оборудования и оснастки, т. е. при минимальных дополнительных капитальных вложениях в производственную базу. Вначале совместно с ЦНИИЭП учебных зданий были разработаны и внедрены взаимозаменяемые с типовыми модернизированные каркасные конструкции серии ИИ-04М. Это позволило снизить трудоемкость изготовления колонн и ригелей почти на 20%, а расход стали сократить до 15% за счет перехода на многоэтажные колонны и конструктивно-технологического совершенствования узлов и элементов каркаса.

Затем внимание было сосредоточено на работах, связанных в основном с укрупнением сеток колонн каркасных зданий.

Наиболее эффективным путем решения задачи строительства зданий серии ИИ-04 с укрупненными сетками колонн было признано применение ригелей типового сечения длиной 9 и 12 м, что открывало практическую возможность широко применять сетки колонн 9×6 и 12×6 м в сочетании с получившими уже у нас повсеместное использование многоэтажными колоннами сечением 30×30 см для наиболее массовых гражданских зданий высотой до 4—5 этажей. Кроме того, ригели длиной 9 и

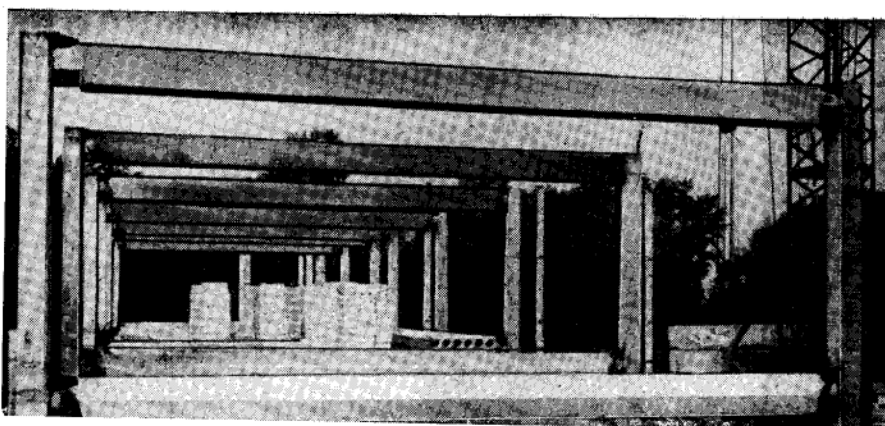


Рис. 1. Фрагмент каркаса серии ИИ-04 с ригелями типового сечения длиной 9 м (Дворец пионеров в г. Калинин)

12 м могли найти применение в многоэтажных производственных зданиях.

В результате совместных комплексных экспериментально-теоретических исследований и производственных испытаний, проведенных ЦНИИЭП учебных зданий, НИИЖБ, ПИ № 3 Минпромстроя СССР, трестами Оргтехстрой и Стройконструкция Калининского ТУС разработаны каркасные конструкции с сетками колонн 9×6 и 12×6 м (сечение колонн 30×30 см и 40×40 см), в которых предусматривалось применение ригелей длиной 9 и 12 м типового сечения (20×45 см, рис. 1). Характеристика ригелей приведена в таблице (марка бетона — М400).

Пролет, м	Расчетная нагрузка на ригель, тс/м	Опорный момент, тс/м	Пролетный момент, тс/м
9	4	16	29
	5,2	16	39
	7,2	28	49
	9	28	72
12	4	28	52
	5,2	28	71
	6,5	28	90

Пространственные арматурные каркасы с приваренными к ним опорными закладными деталями располагаются в пределах ребер ригелей. Преднапрягаемая арматура в полках ригелей устанавливается в форму независимо от пространственного каркаса (рис. 2). Конструктивное решение рамного стыка колонн с ригелями приведено на рис. 3. Растягивающая составляющая опорного момента в узле  $N_I$  воспринимается верхними вертикальными стыковыми накладками, сжимающая составляющая  $N_{II}$  — нижними. Поперечная сила  $Q$  от ригеля воспринимается металлической консолью колонны, а сдвигающая сила — сварными швами, присоединяющими ригель к консоли колонны.

Для проверки надежности предложенной конструкции ригелей пониженной высоты ( $1/20$  пролета вместо традиционных  $1/10$ — $1/15$ ) и стыков ригелей с колоннами на экспериментальной базе МНИИТЭП были проведены испытания ригелей пролетом 9 м Р2-72-87 и Р2-90-87 под унифицированные расчетные нагрузки 7,2 и 9 тс/м и ригеля Р2-52-116 пролетом 12 м под унифицированную расчетную нагрузку 5,2 тс/м.

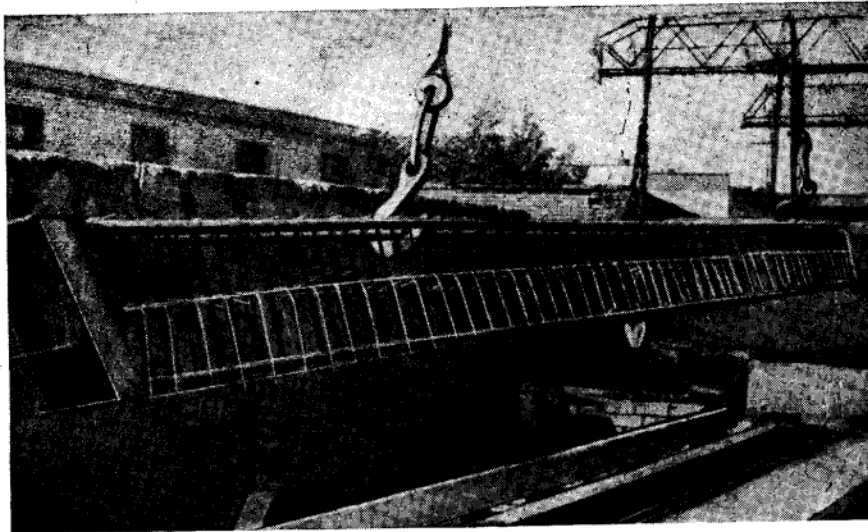


Рис. 2. Пространственный арматурный каркас ригеля

Испытание подтвердило их надежную работу и полное соответствие требованиям, предъявляемым к изгибаемым элементам.

Производство ригелей длиной 9 и 12 м было освоено трестом Стройконструкция в короткие сроки, чему способствовало то обстоятельство, что они были законструированы с учетом обеспечения максимальной технологичности изготовления и в первую оче-

Рис. 3. Усилия, действующие в рамном стыке колонны с ригелем

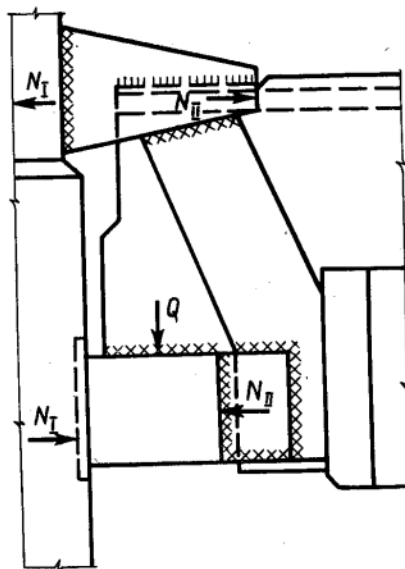
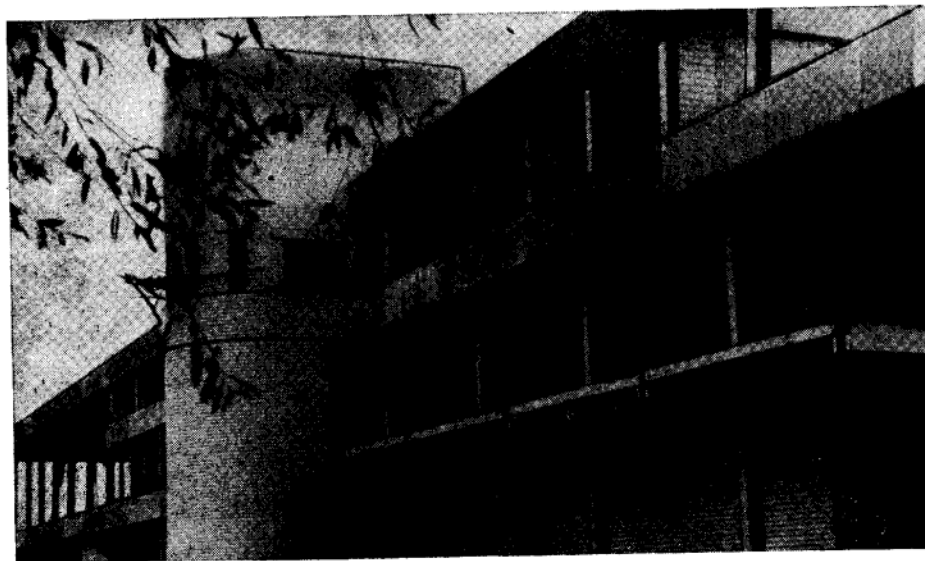


Рис. 4. Фрагмент фасада здания Дворца пионеров



редь за счет принятой схемы армирования.

Сопоставление фрагментов каркасных этажей (колонны, ригели, плиты перекрытия) размерами в плане  $9 \times 6$  м (для однопролетных поперечников) и  $18 \times 6$  м (для двухпролетных поперечников) в типовых конструкциях серии ИИ-04 с плитами перекрытия длиной 9 м и предлагаемого варианта показало, что при практически одинаковом расходе сборного железобетона расход стали при применении ригелей длиной 9 м на  $4 \text{ кг/м}^2$  перекрытия меньше, чем при применении плит перекрытия длиной 9 м.

Таким образом, предлагаемые конструкции при сетке колонн  $9 \times 6$  м имеют следующие преимущества по сравнению с типовыми каркасами:

- единую конструктивную каркасную систему для обычных и укрупненных сеток колонн;

- минимальную номенклатуру промышленных изделий;

- минимальные капитальные вложения на организацию производства конструкций;

- лучшие технико-экономические показатели.

Впервые ригели длиной 9 м под нагрузки 5,2 и 7,2 тс/м были применены при строительстве Дворца пионеров в г. Калинин (рис. 4).

Институт Калининградпроект совместно с трестом Оргтехстрой применил сетку колонн  $9 \times 6$  м в ряде проектов зданий: блока поточных аудиторий Калининского политехнического института, на объектах бытового и коммунального обслуживания, сблокированных с крупнопанельными жилыми домами серии 121 в микрорайонах массовой жилищной застройки. Кроме того, был переработан индивидуальный проект детских яслей-сада на 320 мест, первоначально запроектированный в сетке колонн  $(6+3) \times 6$  м.

В ближайшие годы планируется значительное увеличение объемов применения каркасных конструкций серии ИИ-04, в том числе с сетками колонн  $9 \times 6$  и  $12 \times 6$  м, намечаются работы по совершенствованию и внедрению других элементов каркасных зданий этой серии.

Д-р техн. наук И. А. ИВАНОВ, инж. В. В. НЕФЕДОВ (Пензенский инженерно-строительный ин-т)

УДК 691.327:666.973.2:666.64—492.3:539.4

## Влияние однородности керамзита на свойства керамзитобетона

Для изучения влияния однородности свойств отдельных гранул керамзита на деформативные характеристики бетона и его долговечность исследовали образцы размером  $10 \times 10 \times 40$  см из бетона марок М 150, М 200 и М 300. В качестве вяжущего использовали портландцемент Алексеевского завода активностью 58,4 МПа. Мелким заполнителем служил кварцевый песок Сурского месторождения  $M_{кр} = 1,91$  и керамзитовый песок, крупным — керамзит Октябрьского завода Куйбышевской области и Пачелмского завода Пензенской области объемной насыпной массой  $\gamma_0 = 550-600$  кг/м<sup>3</sup>, прочностью при сжатии в цилиндре  $R_{ц} = 4,1-4,2$  МПа, водопоглощением за 48 ч 17-18%, в цементном тесте — 7,5-8%.

Стандартная однородность в соответствии с [1] у обоих керамзитов была в пределах допускаемых (коэффициенты вариации  $V_{R_{ц}} = 10\%$  и  $V_{\gamma_0} = 5\%$ ). В то же время однородность их гранул по объемной массе в куске и модулю деформации была различной, коэффициент вариации указанных свойств  $V_{\gamma_k}$ ,  $V_{E_{зап}}$  для пачелмского керамзита составил 44%, а для октябрьского — 19%.

Бетонные образцы уплотняли на виброплощадке с нормальной частотой колебаний с пригрузом 40 г/см<sup>2</sup>. Тепловую обработку проводили по режиму 12+4+8+12 ч при  $t = 80^\circ\text{C}$ . В таблице приведены данные кратковременных испытаний на 28 сут твердения бетона.

Требуемые режимы, моделирующие суровые климатические условия, осуществлялась в термобаракамере ТБВ-1000 («Нема»), необходимый уровень напряжений достигался в специальных пружинных установках.

Расход цемента в бетоне серий 1-ОК и 1-ПК составляет 303 кг/м<sup>3</sup>, серий 3-ОКВ и 3-ПКВ — 456 кг/м<sup>3</sup>. В бетоне серий 1-ОК и 1-ПК используют дробленый керамзитовый песок, серий 3-ОКВ и 3-ПКВ — кварцевый.

Деформации бетона в процессе замораживания измеряли по методике [2]. Образцы загружали до уровня напря-

Шифр серии	Коэффициент насыщения $r^1$	$R_{куб}$ , МПа	$R_{пр}$ , МПа	$E_0^{0,2} \cdot 10^{-3}$ , МПа	$R_{т}^0$ , $\sigma/R_{пр}$	$R_{т}^*$ , $\sigma/R_{пр}$	$E_{рас}/E_{зап}$
1-ОК	0,5	16	15	11,6	0,5	0,83	1,11
1-ПК	0,5	15,7	14,7	11,1	0,49		1,12
3-ОКВ	0,45	30,5	26	19,2	0,47	0,82	4,67
3-ПКВ	0,45	30,2	26	18,7	0,42	0,71	4,67

жений  $\sigma = 0,5R_{пр} > R_{т}^0$  и  $\sigma = 0,7R_{пр}$  в условиях нормальной температуры на 35 сут после ускоренного твердения бетона.

Исследования проводили исходя из положений работ [3, 4]. Соотношение модулей деформации компонентов  $E_{рас}$  и  $E_{зап}$  изменялось в зависимости от марок бетона (М 150 и М 300) и повышения упругости растворной части. Марку бетона принимали в соответствии с [1] и свойствами используемых заполнителей, насыпная объемная масса и прочность в цилиндре которых практически равны, а по однородности отдельных гранул они отличались в два раза.

В соответствии с исследованиями [5] получены данные для бетона с различной степенью водонасыщения в течение 2 сут и под вакуумом.

Изменение температурных деформаций бетона в зависимости от степени его водонасыщения и однородности заполнителя показано на рис. 1 и 2. Совокупность кривых, представленных на рис. 1,

а, б, по конфигурации и по значению температурных деформаций соответствуют полученным ранее данным [6] для керамзита и цементного камня. Новыми при этом являются фактор, характеризующий однородность зерен керамзита, глубокая степень насыщения бетона под вакуумом и исследование не отдельных компонентов, а керамзитобетона в целом. Для бетона марки М 150 при испытании сухих ненагруженных образцов не наблюдалось значительного влияния неоднородности свойств гранул заполнителя на температурные деформации. Последние практически одинаковы для использованных видов керамзита.

Более существенно влияние степени водонасыщения, подтверждающее значимость предложенного В. М. Москвинным [5] показателя критического водонасыщения. Отрицательное действие глубокого водонасыщения усугубляется различием упругих характеристик компонентов, например в бетоне марки М 300.

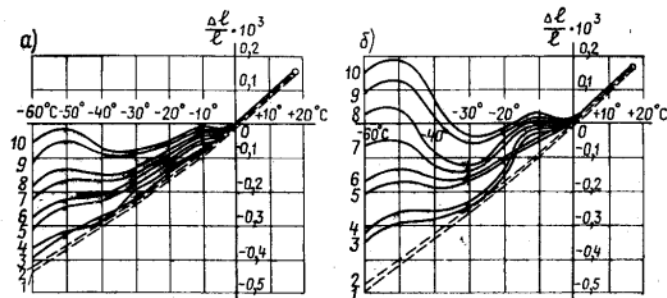


Рис. 1. Температурные деформации ненагруженных бетонных образцов при замораживании  
а — серии 1-ОК, 1-ПК; б — серии 3-ОКВ, 3-ПКВ; 1, 2 — сухой бетон; 3, 4 — бетон, насыщенный водой в течение 2 сут; 5, 6 — то же, 10-й цикл замораживания; 7, 8 — то же, под вакуумом, 1-й цикл замораживания; 9, 10 — то же, 10-й цикл замораживания.

Таким образом, с повышением марки бетона негативное влияние неоднородности свойств гранул керамзита на его деформативность усиливается.

Сопоставление рис. 1 и 2 показало, что на кривых «температура — деформация» для бетонов всех серий наиболее выражен второй подъем в области отрицательных температур. У ненагруженных образцов первый подъем на кривой деформаций наблюдается при температуре  $-5 \div -20^\circ\text{C}$ , у нагруженных образцов он отсутствует, а второй подъем менее выражен.

При анализе конфигурации кривой деформаций следует учитывать многофакторный характер ее связи с независимо действующими факторами. По Г. И. Горчакову [6], основным является фазовый переход воды в лед. Для отдельно взятых зерен керамзита и цементного камня им установлено, что аномалии в деформациях этих компонентов бетона могут происходить в примерно одинаковых температурных интервалах: около  $-10$  и  $-40^\circ\text{C}$ . Однако это совпадение не имеет закономерного характера, поскольку показатели дифференциальной пористости зерен керамзита и цементного камня различны. Деформации бетона, представленные на рис. 1, отображают деформации его компонентов. Температурные интервалы зафиксированных нами аномалий совпадают с данными [6] лишь при  $-10^\circ\text{C}$ .

Интенсивность аномалий связана также со степенью насыщения пор водой и уровнем отрицательных температур. Деформации расширения бетона интенсифицируются при температуре ниже  $-30^\circ\text{C}$ , степень насыщения керамзита водой повышается благодаря вакууму. Температуру  $-30^\circ\text{C}$  и ниже можно считать критической, так как при ней значительно ухудшаются деформативные свойства бетона, особенно на керамзите пониженной однородности.

Усиливающаяся концентрация напряжений при возрастании разности модулей деформаций компонентов существенно влияет на процесс замораживания, в результате чего у бетона марки М 300 деформации расширения интенсивно возрастают.

Это подтверждается и кривыми продольных деформаций нагруженных образцов (см. рис. 2). Естественно, что интенсивность деформаций расширения в результате действия сжимающих напряжений снизилась. Часть капилляров и пор растворной части бетона, ориентированных перпендикулярно действию нагрузки, закрывается. Одновременно с этим интенсифицируется процесс микротрещинообразования в целом.

Анализ кривых на рис. 3, 4 показыва-

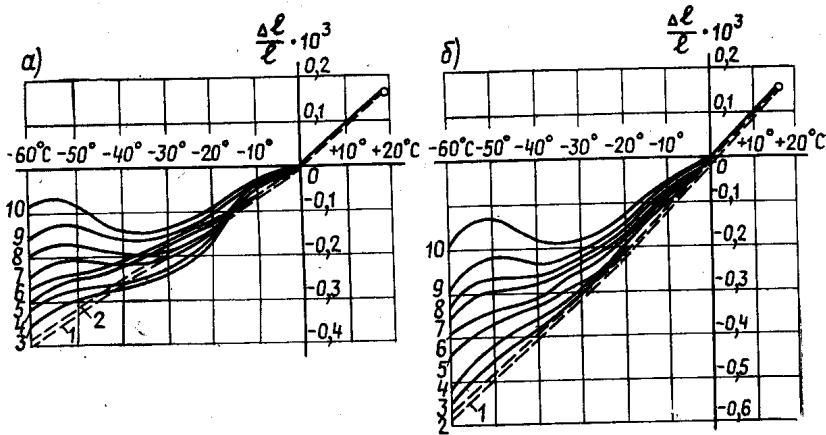


Рис. 2. Температурные деформации бетонных образцов, нагруженных до  $\sigma = 0,5 R$  пр при замораживании

а — серии 1-ОК, 1-ПК; б — серии 3-ОКВ, 3-ПКВ. Обозначения кривых те же, что и на рис. 1.

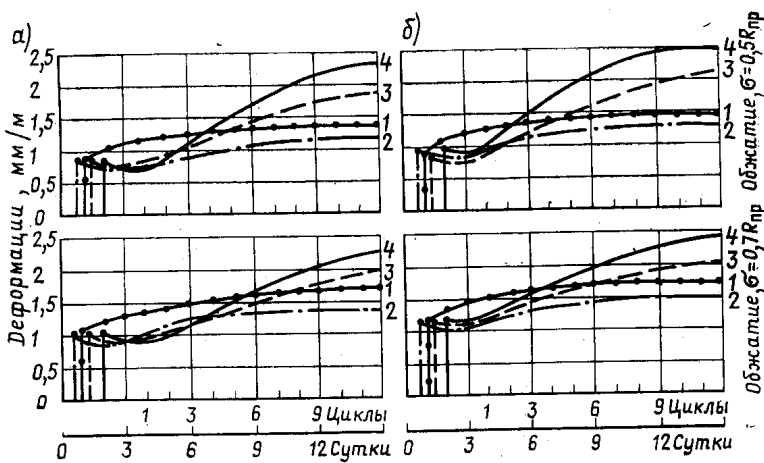


Рис. 3. Деформации ползучести бетона марки М 150

а — образцы серии 1-ОК; б — то же, серии 1-ПК; 1, 2 — контрольные образцы соответственно в сухом состоянии и в воде при  $t = +20^\circ\text{C}$ ; 3, 4 — образцы, подвергнутые циклическому замораживанию, соответственно насыщенные водой в течение 2 сут и под вакуумом

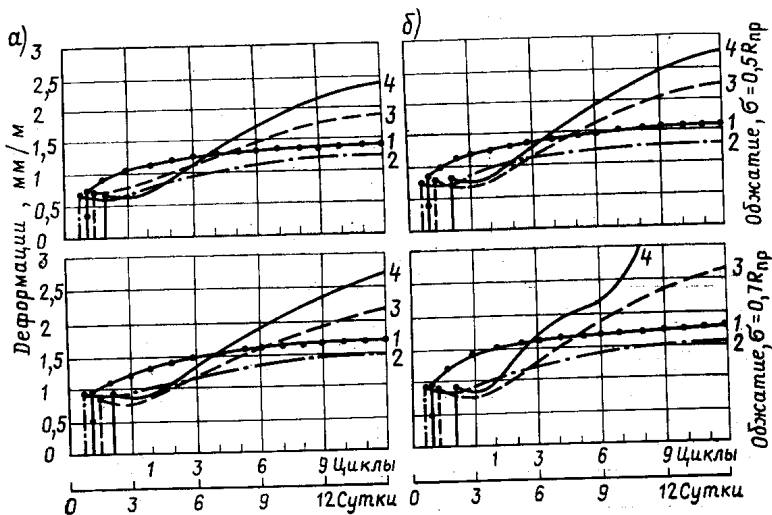


Рис. 4. Деформации ползучести бетона марки М 300

а — образцы серии 3-ОКВ; б — то же, серии 3-ПКВ. Обозначения кривых те же, что и на рис. 3.



ет, что ползучесть бетона в сухом состоянии (кривые 1) у всех серий бетона проявляется в большей степени, чем ползучесть бетона в воде (кривые 2). Насыщение бетона водой в первые сутки (кривые 2), сопровождается его набуханием, что приводит к сдерживанию деформаций ползучести на 7—13% по сравнению с сухим бетоном.

Кривые 3, 4, отображают деформации ползучести бетонных образцов, в разной степени насыщенных водой. Ползучесть бетона, подвергнутого циклическому замораживанию, возрастает при увеличении степени насыщения пор водой и уровня напряжений, а также при использовании худшего по однородности заполнителя.

При высоком напряжении обжатия  $\sigma=0,7R_{пр}$  образцы серии 3-ПКВ разрушались уже после 7—8 циклов испытания. На соответствующей кривой 4 (см. рис. 4,б) можно отметить два участка: первый — до 3—4-го цикла — характеризуется умеренным ростом деформаций ползучести, второй — в 3—4 раза более быстрым. Характерно, что после 3—4-го цикла замораживания в центре призм появилась продольная трещина шириной 0,1—0,2 мм, которая постепенно раскрывалась, и после 7—8 циклов следовало разрушение.

При испытании бетонов серии 3-ОКВ при уровне обжатия  $\sigma=0,7R_{пр}$  таких нарушений не происходило. Испытуемые образцы выдерживали 10—12 циклов испытаний.

После замораживания в напряженном и ненапряженном состоянии образцы испытывали на сжатие до разрушения. Анализ полученных данных показал, что у бетона, подвергнутого циклическому замораживанию-оттаиванию, в зависимости от степени однородности гранул керамзита значительно снижается прочность, начальный модуль упругости и параметрические уровни микротрещинообразования  $R_T^0$  и  $R_T^V$  по сравнению с контрольными. Эти показатели влияют и на морозостойкость бетона и тем больше, чем ниже однородность свойств гранул заполнителя, и более отличны между собой модули деформаций компонентов  $E_{рас}$  и  $E_{зап}$ .

### Выводы

От однородности свойств гранул керамзита зависит деформативность керамзитобетона, особенно при действии циклического замораживания-оттаивания. Деструктивные явления в бетоне усиливаются при повышении уровня напряжений, степени насыщения бетона водой и возрастании разницы в упругих свойствах компонентов бетона.

Керамзитобетон высокой прочности марок М 300 и выше для работающих в суровых климатических условиях конструкций необходимо изготавливать на заполнителе, удовлетворяющем требованиям [1], с учетом однородности отдельных гранул. Предельный коэффициент вариации объемной массы гранул рекомендуется принимать не выше  $V_{\gamma_k}=20\%$ .

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по выбору крупных пористых заполнителей для легких бетонов М 150 ÷ 500. — М., Стройиздат, 1972.
2. Москвин В. М., Капкин М. М., Подвальный А. М. Стойкость бетона и железобетона при отрицательной температуре. М., Стройиздат, 1967.
3. Житкевич Р. К., Бужевич Г. А. Использование прочности компонентов конструктивного керамзитобетона. — В кн.: Новое в технологии легких бетонов на пористых заполнителях. Вып. 25 — М., Стройиздат, 1975.
4. Иванов И. А., Сильванович Т. Г. Параметры, определяющие повышенную упругость керамзитобетона. — В кн.: Легкобетонное домостроение. Вып. 3. — М., ЦНИИЭП жилища, 1976.
5. Москвин В. М., Капкин М. М., Савицкий А. Н. Бетон для строительства в суровых климатических условиях: Л., Стройиздат, 1973.
6. Горчаков Г. И., Орентлихер Л. П., Лифанов И. И., Мурадов Э. Г. Повышение трещиностойкости и водостойкости легких бетонов. — М., Стройиздат, 1971.

Инж. Л. А. МАКЕЕВА (Госстрой СССР),  
кандидаты техн. наук Г. А. БУЖЕВИЧ (НИИЖБ), С. М. КАГАН,  
инж. А. К. БАТУРА (НИИСМ, Минск)

УДК 691.327:666.973.2:553.535

## Исследование вспученного перлита и бетонов на его основе

В последнее время обобщены результаты исследований конструкций из легких бетонов на вспученных перлитовых песках и разработаны нормативные и инструктивные документы. Однако в литературе появляются иногда противоречивые требования по наименьшей насыпной плотности вспученного перлита, оптимальному количеству пылевидных фракций и другим характеристикам, определяющим важнейшие технические свойства бетонов. В значительной мере это объясняется применением различного сырья и технологии производства. Поэтому оказалось необходимым продолжить изучение свойств перлита, вспученного как

в шахтных, так и во вращающихся печах, и легких бетонов на его основе.

Исследовали перлит Арагацкого и Закарпатского месторождений, насыпная плотность которого в зависимости от вида сырья и технологии вспучивания колебалась от 100 до 320 кг/м<sup>3</sup>. Различные показатели вспученного материала из одной и той же породы были достигнуты изменением режима термообработки. Зерна повышенной плотности получали во вращающейся печи, а также в шахтной при воздействии повышенных температур в конце обжига. В последнем случае перлит был более тяжелым, обладал малой механической прочностью и содержал

зерен размером менее 0,14 мм примерно на 10% больше нормы. Это относится к легким ( $\gamma_n=100...135$  кг/м<sup>3</sup>) и более тяжелым ( $\gamma_n=300...320$  кг/м<sup>3</sup>) перлитовым пескам, вспученным в шахтной печи (табл. 1).

Опыты по регидратации показали, что после автоклавной обработки под давлением 8 ати во вспученном перлите практически полностью восстанавливается исходное содержание воды. При этом происходит увеличение размеров заполнителя и соответствующее расширение бетона в период твердения. Количество растворимого кремнезема, способного взаимодействовать со щедами цемента, по результатам хими-

Таблица 1

Мосторождение	Вид печи	Насыпная плотность вспученного перлита, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сдавливании в цилиндре, кгс/см <sup>2</sup> (по ГОСТ 9768-68)	Содержание зерен размером менее 0,14 мм, %
Арагацкое	Вращающаяся	315	6,3	3,9
»	Шахтная	100	0,7	41
Закарпатское	»	320	2	18
»	»	135	1,4	25

ческого анализа наибольшее у перлита из арагацкого сырья (83,25 ммоль/л). Вместе с тем, деформации расширения цементно-перлитового раствора на закарпатском песке оказались больше, что объясняется его более высокой удельной поверхностью.

Значительное количество пылевидных частиц вспученного перлита образуется в процессе приготовления бетонной смеси. Это подтверждает характер кривых просеивания до и после перемешивания вспученного перлита в смеси теле принудительного действия (рис. 1). Дисперсные фракции вспученного перлита разбавляют цемент и вследствие наличия в цементе тонкодисперсных частиц с высокоразвитой удельной поверхностью повышается количество воды, требуемое для получения пластичного теста. Большая водопотребность образующегося смешанного вяжущего обуславливает значительную пористость затвердевшего бетона. Величина открытой пористости бетона марки М 150 на аглопоритовом щебне и мелком вспученном перлитовом песке составила 48%, а бетона той же прочности на плотных заполнителях — 14%.

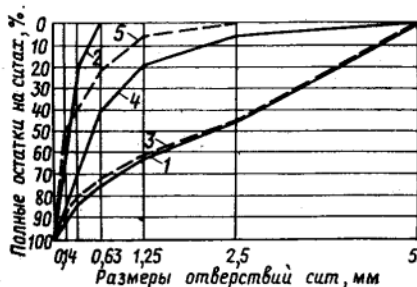


Рис. 1. Кривые просеивания вспученного перлита

1, 2 — песок из арагацкого сырья, полученный во вращающейся (1) ( $\gamma_n = 315$  кг/м<sup>3</sup>) и в шахтной (2) ( $\gamma_n = 100$  кг/м<sup>3</sup>) печах; 3 — то же, что и (1) после перемешивания в смеси теле в течение 3 мин; 4 — песок из закарпатского сырья, полученный в шахтной печи ( $\gamma_n = 320$  кг/м<sup>3</sup>); 5 — то же, после перемешивания в смеси теле в течение 3 мин

Проведенные физико-химические исследования показали, что преобладающей фазой в цементном камне аглопоритобетона является низкоосновный гидросиликат кальция, который, как известно, отличается пониженной воздушностью. Следовательно, разбавление цемента пылевидными фракциями вспученного перлита нельзя рассматривать как положительный фактор. Активность вспученного перлита проявлялась в набухании осадка, которое продолжалось в течение всего периода наблюдения (30 сут).

Опытами установлено, что большое приращение объема характерно только для мелких фракций вспученного перлита, с увеличением размера зерен приращение объема уменьшается. Так, для вспученного перлита фракций 0,3—1,2 мм увеличение объема стабилизировалось через 4—5 сут. При этом объем осадка возрос только на 40%, тогда как для дисперсной фракции (до 0,14 мм) этого же перлита — на 240%. Значительное приращение объема присуще вспученному перлиту только в присутствии извести. В воде увеличение объема не превышает 20%, что находится в пределах требований, предъявляемых к кварцевым пескам. Способность дисперсных частиц вспученного перлита набухать в присутствии извести является основной причиной очень медленной десорбции бетона (рис. 2). Цементно-песчаные фактурные слои через год оказались сухими, в то время как в середине панели влажность почти не изменилась со времени изготовления. Все это явилось причиной появления трещин на поверхности панелей. Расчеты также показали, что растягивающие напряжения в поверхностных слоях опасны, поскольку превышают предел прочности бетона на растяжение.

Проведенные опыты показали, что для перлитового песка, применяемого в качестве заполнителя для легких бетонов, необходимо регламентировать не только содержание зерен размером менее 0,14 мм, но и его прочность, чтобы зерновой состав песка не претерпевал существенных изменений. Подразделение вспученного перлита на марки по насыпной плотности при отсутствии связи между  $\gamma_n$  и  $R$  является недостаточным.

Ожиданные, с оплавленной поверхностью зерна перлита, вспученного во вращающейся печи, характеризуются повышенной прочностью, имеют в среднем в 5 раз меньшее водопоглощение, в 2 раза меньшую водопотребность и значительно большую прочность по сравнению с песком, полученным из того

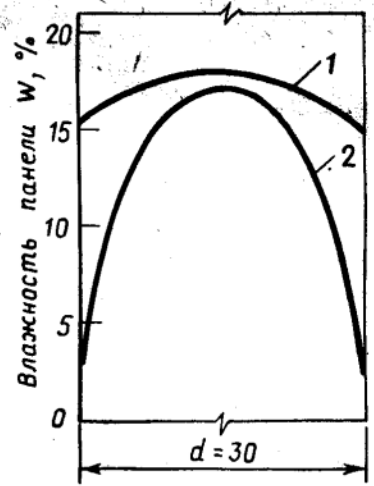


Рис. 2. Распределение влажности в стеновой панели из аглопоритобетона

1 — при изготовлении; 2 — через год

же сырья в шахтной печи. Перлит, вспученный во вращающейся печи, измельчался незначительно и для приготовления бетонных смесей на его основе применяли смесители как принудительного действия, так и гравитационные.

При использовании в качестве крупного заполнителя щебня из аглопоритобетона

Таблица 2

Показатели	Марка аглопоритобетона		
	50	100	150
Расход цемента марки М 400, кг/м <sup>3</sup>	200	250	300
Объемная масса сухого бетона, кг/м <sup>3</sup>	1000	1100	1200
Влажность после тепловой обработки, %	15—20	10—15	8—12
Сорбционная влажность, %:			
при $\phi = 75$	6	—	—
при $\phi = 98$	18	—	—
Коэффициент паропроницаемости, г/(ч × мм рт. ст.)	0,0058	0,0032	—
Коэффициент теплопроводности, ккал/(ч. м. °С):			
сухого бетона	0,172	0,289	—
при влажности W = 5%	0,225	0,342	—
при влажности W = 10%	0,272	0,389	—
Предел прочности при осевом растяжении, кгс/см <sup>2</sup>	5	8	11
Предел прочности при изгибе, кгс/см <sup>2</sup>	7	13	17
Модуль упругости при 0,2 R <sub>пр</sub> , кгс/(см <sup>2</sup> · 10 <sup>3</sup> )	40	75	100
Морозостойкость, циклы	35	100	100
Усадка, мм/м	—	—	0,39
Ползучесть при $\sigma = 0,5 R_{пр}$ , мм/м; при продолжительности исследования, сут:			
300	—	—	1,01
1000	—	—	1,62
Коэффициент температурного расширения, мм/м × 10 <sup>-6</sup>	—	10 ×	—
Сцепление арматуры с бетоном, кгс/см <sup>2</sup>	13	16,5	23

та в смеситель загружали цемент и часть воды, затем вспученный перлитовый песок. После 1—2 мин перемешивания добавляли аглопорит и остальную часть воды с предварительно растворенной в ней воздухововлекающей добавкой. Одновременная загрузка всех материалов приводила к повышенному расходу перлита из-за коагуляции открытых пор крупного заполнителя.

В опытах минимальная отпускная влажность ограждающих конструкций (8—10%) получалась при тепловой обработке в щелевых камерах сухого прогрева при температуре 120—150°C. При такой влажности возможна отделка наружных поверхностей панелей любым методом. Недобор прочности при сухом прогреве по сравнению с образцами нормального твердения не превышал 17%. Объемная масса сухого бетона марок М 50—100 на вспученном во вращающейся печи перлитовом пес-

ке  $\gamma_n = 315 \text{ кг/м}^3$  и аглопоритовом щебне  $\gamma_n = 700 \text{ кг/м}^3$  составляет 1000—1100 кг/м<sup>3</sup>. При использовании этого песка в сочетании с керамзитом  $\gamma_n = 500 \text{ кг/м}^3$  конструкционно-теплоизоляционные бетоны характеризуются объемной массой 750—1000 кг/м<sup>3</sup>.

Необходимые для расчета конструкций свойства аглопоритоперлитобетона изучены на минском аглопорите и вспученном во вращающейся печи арагацком перлитовом песке. Из табл. 2 видно, что по физико-механическим характеристикам и долговечности аглопоритоперлитобетон на кондиционном вспученном перлитовом песке отвечает требованиям нормативных документов и его применение в однослойных стеновых панелях для жилищного (серии М-111-90, М-335, М-464-9), гражданского и промышленного (серии I-464, I-335АК, ИИ-04-5, I-432-5) строительства вполне целесообразно. Использование малопрочного вспученного перли-

та из шахтной печи ухудшает свойства бетона и трещиностойкость конструкций при обычной технологии производства, требующей введения в бетонную смесь относительно большого количества воды.

### Выводы

Применение малопрочных перлитовых песков отрицательно сказывается на физико-механических свойствах бетона и трещиностойкости конструкций. Необходимо нормировать прочность песков с тем, чтобы их зерновой состав не претерпевал существенных изменений и содержание во вспученном перлите фракции менее 0,14 мм соответствовало требованиям ГОСТ 10832—74.

Перлит, вспученный во вращающейся печи, характеризуется повышенной прочностью и в композиции с аглопоритовым щебнем и керамзитовым гравием позволяет получать надежные и долговечные бетоны.

Канд. техн. наук И. П. МИХАЙЛОВ, инж. М. И. КОНДРАТЬЕВ (ВНИИЖелезобетон)

УДК 691.327:666.973.2:666.64—492.3:539.3/4

## Прочностные и деформативные свойства керамзитозолобетон

Исследованиями советских [1, 2] и зарубежных [3] ученых установлено, что на характеристики легких бетонов и, в частности, керамзитозолобетона влияют некоторые свойства зол, особенно вид угля, удельная поверхность, содержание химически активной стеклофазы и др. Возможность и область применения зол ТЭС в легких бетонах регламентированы соответствующими ТУ.

При исследовании физико-химических свойств зол-уноса сухого отбора и гидротвалов ТЭС, а также некоторых характеристик керамзитозолобетон ВНИИЖелезобетоном [4] установлена возможность применения зол в качестве мелкого заполнителя легких бетонов.

Прочностные и деформативные свойства изучали на образцах бетона оптимального состава. В качестве мелкого заполнителя использовали усредненные пробы бурогоугольных зол Алексинской и Каширской ТЭС и каменноугольных зол Яйвинской и Волгоградской электростанций. Химический состав и другие

исходные характеристики этих зол приведены в табл. 1.

При подборе составов учитывали влияние удельной поверхности золы на прочностные и защитные по отношению к арматуре свойства керамзитозолобетона. Так, во избежание коррозии арматуры и для получения морозостойкого бетона марки М 200 высокодисперсную Алексинскую золу использовали в смеси с кварцевым песком. В качестве крупного заполнителя применяли керамзитовый гравий Бескудниковского завода фракции 5—20 мм, прочностью 2,2—2,3 МПа.

Составы бетона с фактическим расходом материалов (на 1 м<sup>3</sup> бетона) приведены в табл. 2.

Установлено, что кубиковая прочность образцов из конструкционного бетона с золой ТЭС через 4 ч после пропаривания на 10—15% выше прочности керамзитобетона на кварцевом песке. Это объясняется повышенным содержанием в золе химически активной стеклофазы, которая при тепловой обработке бетона способствует более интенсивному протеканию химических реакций. В возрасте 28 сут прочности рассматриваемых

Таблица 1

Вид золы	Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	Остаток на сите 0,14 мм, %	Химический состав, %						Потери при прокаливании, %	Стеклофаза, %
			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>		
Алексинская	3100	25	45,9	32,7	13,8	3,4	1,2	0,8	1,9	52,3
Каширская	1700	37	49,8	27,6	15,1	4,6	0,4	0,9	1,75	67,6
Яйвинская	650	50	51,5	20,3	21,5	2,6	2,5	0,9	0,6	63,3
Волгоградская	250	90	50,3	21,7	15,9	5,6	2,0	0,7	4,6	66,3

Таблица 2

№ состава	Мелкий заполнитель		Керамзит		Портландцемент марки М 400, кг	Вода, л	
	вид	объемная насыпная масса, кг/м³	расход, кг	объемная насыпная масса, кг/м³			расход, кг
Зола							
1	Алексинская	955	227 367	550	534	304	249
2	Алексинская	800	284	485	468	204	218
3	Каширская	1000	380	485	468	204	210
4	→	1165	471	630	445	353	250
5	Яявинская	1170	556	640	404	356	254
6	Волгоградская	1670	812	540	404	358	183
Песок							
7	Керамзитовый	730	371	485	425	204	200
8	Кварцевый	1500	704	630	436	360	204

Примечание. Над чертой расход золы, под чертой — кварцевого песка. Виброуплотняемость смесей составов № 1, 4, 5, 6, 8—15—20 с; жесткость смесей составов № 2, 3, 7—20—30 с.

образцов выравниваются (рис. 1). В последующий период прочность бетона продолжала расти и в возрасте 180 сут оказалась выше, чем в 28 сут, в среднем на 15%. Прочность керамзитобетона с мелким заполнителем из смеси кварцевого песка с золой выше прочности такого же бетона, приготовленного на одной золе.

Отношение призмной прочности к кубиковой (табл. 3) для исследованных составов керамзитобетона незначительно превышает регламентируемое СНиП II-21-75, что можно объяснить повышенной способностью керамзитобетонных деформироваться при поперечном растяжении.

Таблица 3

№ состава	Объемная масса бетона в сухом состоянии, кг/м³	R <sub>сж</sub> , МПа, в возрасте 28 сут	R <sub>пр</sub>		Модуль упругости при σ = 0,3, МПа	μ
			R <sub>сж</sub>	R <sub>изг</sub>		
1	1450	20	0,9	0,06	12500	0,17
2	980	5	1	0,18	5300	—
3	1080	8	1	0,13	6500	—
4	1320	21,1	0,87	0,07	11300	0,19
5	1380	20,1	0,77	0,06	—	—
6	1630	19,7	0,85	0,09	12800	0,27
7	1030	7,3	—	0,14	6730	—
8	1550	21,3	—	0,09	13100	0,18

Примечание. Приведенные данные являются средними из шести определений.

Относительная прочность при изгибе керамзитобетона марок М 50—100 соответствует аналогичному показателю бетона на дробленом керамзитовом песке, а марок М 150—200 приближается к показателю прочности при изгибе бетонов на кварцевом песке. При расчете конструкций для каждого конкретного материала этот показатель следует принимать исходя из опытных данных.

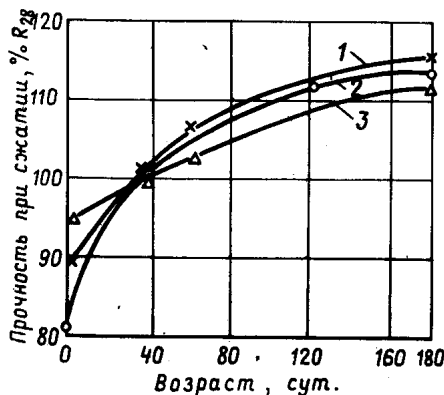


Рис. 1. Рост прочности пропаренного керамзитобетона в зависимости от времени при различных мелких заполнителях: 1 — кварцевый песок; 2 — алексинская зола в смеси с кварцевым песком  $\frac{3}{3+П} = 0,5$ ; 3 — каширская зола

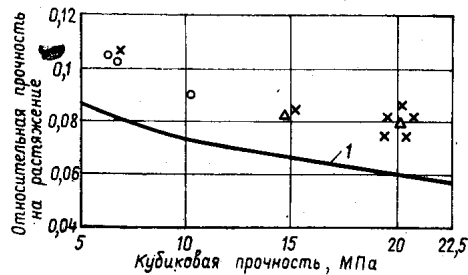


Рис. 2. Зависимость прочности керамзитобетона на осевое растяжение от прочности на сжатие: 1 — нормативные значения; X — керамзитобетон; O — керамзитобетон на керамзитовом песке; Δ — керамзитобетон на кварцевом песке

Полученные значения прочности керамзитобетона марок М 50—200 на осевое растяжение (рис. 2) соответствуют нормативному. Это обеспечивает достаточную прочность и жесткость элементов из конструкционного керамзитобетона.

Модуль продольных и коэффициент поперечных деформаций исследуемых бетонов определяли в возрасте 28 сут после пропаривания. Начальный модуль упругости колебался от 5300 МПа в конструкционно-теплоизоляционном до 12 800 МПа в конструкционном керамзитобетоне и соответствует регламентируемому СНиП II-21-75. Модуль упругости керамзитобетона марок М 50—100 и бетона с керамзитовым песком в качестве мелкого заполнителя практически одинаков. Начальный модуль упру-

ости керамзитобетона марок М 150—200 на 10—15% ниже, чем керамзитобетон на кварцевом песке.

Коэффициент поперечной деформации с повышением  $\sigma/R_{пр}$  от 0,2 до 0,9 увеличивается для всех исследуемых составов до 0,3 и в среднем при  $\sigma=0,2 R_{пр}$  составляет 0,2, что практически совпадает с аналогичным показателем тяжелого бетона. Предельная сжимаемость конструкционного керамзитобетона в среднем равна  $190 \cdot 10^{-5}$ . Предельная растяжимость, измеренная при испытании балочек размером  $15 \times 15 \times 60$  см, равна  $63 \cdot 10^{-5}$ . Растяжимость керамзитобетона на смеси золы с кварцевым песком —  $58 \cdot 10^{-5}$ , а керамзитобетона на кварцевом песке —  $45 \cdot 10^{-5}$ . Предельная растяжимость керамзитобетонных больше аналогичного показателя легких бетонов.

Усадку керамзитобетона марки М 200 определяли на балочках размером  $4 \times 4 \times 16$  см при нагрузке  $0,3 R_{сж}$ , которые выполняли из двух видов бетона. В одном случае в качестве мелкого заполнителя использовали золу Каширской ТЭС, а в другом — Алексинской ТЭС в смеси с кварцевым песком в соотношении  $\frac{3}{3+П} = 0,5$ . В возрасте 100 сут средняя деформация усадки составила  $0,75-0,8$  мм/м. Мера ползучести керамзитобетона, определенная при нагрузке 0,3 от разрушающей, составила  $(0,53-0,84) \cdot 10^{-5}$  на каждый 0,1 МПа и почти не превышает меры ползучести керамзитобетонных плотной структуры —  $(0,35-0,78) \cdot 10^{-5}$ . Полученные данные показывают, что использование зол ТЭС с незначительным количеством частиц несгоревшего угля мало влияет на усадку легкого бетона.

При сохранении заданной прочности введение золы, удовлетворяющей соответствующим ТУ, мало изменяет указанные свойства. Удовлетворительные несущая способность, жесткость и трещиностойкость испытанных совместно с НИИЖБ [5] преднапряженных панелей кровли типа КОПН-35 из керамзитобетона марки М 200, опытно-промышленная партия которых изготовлена на Орехово-Зуевском комбинате Сельиндустрия, позволяют рассчитывать конструкции из керамзитобетона по нормам и характеристикам, принятым для равнопрочного керамзитобетона.

Результаты внедрения зол различных ТЭС в производстве изделий из конструкционно-теплоизоляционного и конструкционного керамзитобетона на комбинате ЖБК № 2 Главмоспромстройматериалов, Алексинском заводе ЖБИ и на других предприятиях показали, что при улучшении качества изделий достигается

значительный технико-экономический эффект. Для керамзитобетонных марок М 50—100 экономия составила 2—3 р. на 1 м<sup>3</sup> при снижении расхода цемента на 10—15%, керамзитового гравия на 10—30% по сравнению с керамзитобетоном на дробленом керамзитовом песке; для керамзитобетона марок М 150—200—2 р. на 1 м<sup>3</sup> при снижении массы конструкций и расхода цемента по сравнению с керамзитобетоном на кварцевом песке. Эффект от применения

зола в отдельных экономических районах может значительно возрасти в связи с увеличением разницы в ценах на золу, пористый и кварцевый пески.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов И. А. Легкие бетоны на основе зол электростанций. М., Стройиздат, 1972.
2. Комиссаренко Б. С., Морозов Ю. П. Повышение эффективности керамзитобетона при применении в качестве мелкого заполнителя зол теплоэлектростанций. — В кн.: Исследование свойств керамзи-

тобетона в керамзитобетонных конструкциях. Куйбышев, 1975.

3. Кокубу М., Ямада Д. Цементы с добавкой золы-уноса. VI Международный конгресс по химии цемента. М., Стройиздат, 1974.

4. Сарапин И. Г., Лифшиц А. В., Кондратьев М. И. Применение зол ТЭС в качестве мелкого заполнителя. — Бетон и железобетон, 1974, № 7.

5. Арончик Э. М., Долгинский Ю. И., Михайлов И. П. и др. Использование зол ТЭС в производстве панелей кровли из керамзитобетона. — Строительные материалы, 1975, № 10.

Д-р техн. наук, проф. А. И. МИНАС (РИСИ), инж. И. Х. НАНАЗШВИЛИ (ЦНИИЭПсельстрой)

УДК 691.115:674.816.2

## Специфические свойства арболита

К специфическим особенностям органического целлюлозного заполнителя относятся резко выраженная анизотропия, повышенная химическая активность, наличие упругоэластических свойств, значительная степень самопроизвольных деформаций, высокая проницаемость и небольшая адгезия с цементным камнем. Наиболее изученным из этих свойств является химическая активность [1]. Существенными недостатками древесного заполнителя следует считать самопроизвольные объемные вынужденные деформации, которые варьируются в гораздо большем диапазоне в зависимости от воздействия среды (влажности и температуры), чем у какого-либо минерального заполнителя, а также низкую адгезию с цементным камнем. Наиболее значительными самопроизвольными деформациями древесного заполнителя являются влажностные деформации (усушка, набухание, коробление), соотношение которых в разных направлениях может достигать 1:120. При этом объемная усушка древесного заполнителя составляет 15—20%, тогда как объемная усадка цементного камня из портландцементного клинкера всего лишь 0,9—1,2% [2, 3]. Можно предположить, что напряженное состояние создающегося в структуре конгломерата типа арболита зависит в большей мере от напряжений, возникающих в результате усушки и набухания древесного заполнителя, чем от усадки и набухания цементного камня.

Исследования [4] показали, что образование структуры арболита сопровождается двумя противоположными

процессами: твердением цементного камня и повышением его сцепления с заполнителем, т. е. упрочнением структуры и деструкционными процессами, вызываемыми влажностными деформациями древесного заполнителя.

Нарастание прочности в процессе твердения арболита при изменении влажности происходит неравномерно. Наибольшие структурные изменения наблюдаются при снижении общей влажности арболита ниже точки насыщения волокна (27—30%) древесного заполнителя. При этом максимальную прочность арболит разных составов достигает при влажности 15—17,5%. При дальнейшем снижении влажности структурная прочность уменьшается, что объясняется деструкционными процессами.

Учитывая специфические свойства этого бетона, а также то, что 80% объема производства арболитовых изделий составляют ограждающие конструкции (стеновые блоки и панели), находящиеся под атмосферным воздействием, необходимо повышать его стойкость к попеременному увлажнению и высыханию. Так как степень отрицательного воздействия влажностных деформаций древесного заполнителя на структурную прочность арболита определяется сцеплением двух различных по природе материалов (органического заполнителя и минерального вяжущего), изучать влияние этих факторов на прочность и стойкость арболита к влагопеременным воздействиям целесообразно во взаимосвязи.

Структурная прочность и стойкость арболита в эксплуатационных условиях

попеременного увлажнения и высыхания повышается при снижении объемных влажностных деформаций древесного заполнителя и усадочных деформаций арболита, а также при повышении адгезии в системе «дерево — цементный камень».

Отрицательное воздействие объемных деформаций на прочность арболита можно снизить путем стабилизации объема целлюлозного заполнителя, достигаемой повышением его гидрофобности физическим или химическим способом (термообработкой или обработкой солями алюминия и др.) и путем повышения эластичности растворной части, позволяющей компенсировать влажностные деформации заполнителя деформациями эластичного шва — клеевой прослойкой, получаемой введением в арболитовую смесь высокомолекулярных соединений (поливинилацетатной эмульсии, латекса, карбамидной смолы и др.).

Для оценки структуры арболита с заполнителем в виде пластинок толщина клеевой прослойки (цементного камня) имеет большее значение, чем в бетоне с заполнителем шарообразной или кубической формы, так как контакт между такими зернами носит точечный характер. Определенная по формуле, предложенной в [4], толщина клеевой прослойки между отдельными частицами древесного заполнителя и микроскопические исследования подтвердили, что растворная часть цементного теста расходует только на проклейку частичек, а сцепление их практически несущественно. Толщина прослоек цементного камня в структуре арболита для рабочей фрак-

ции с удельной поверхностью 4,5—5 м<sup>2</sup>/кг составляет 0,16—0,28 мм вместо 1—2 мм [2] в крупнопористых бетонах на минеральных заполнителях.

По классификации [5] арболит как вид легкого бетона по структуре можно отнести к третьему типу, в котором зерна заполнителя создают жесткий скелет и контактируют друг с другом через тонкую прослойку цементного камня. Прочность и стойкость такого бетона обуславливается сцеплением между заполнителем и цементным камнем. Зависимость толщины клеевой прослойки от количества взятых компонентов и удельной поверхности древесного заполнителя представлена на рис. 1 и 2.

При одном и том же весовом составе арболитовой смеси, но разной удельной поверхности древесного заполнителя, а следовательно, и разной толщине клеевой прослойки прочность арболита не одинакова. При уменьшении удельной поверхности древесного заполнителя до некоторого предела структурная прочность арболита растет. Снижение прочности при значительной крупности заполнителя частично можно объяснить влиянием больших влажностных деформаций, вызывающих развитие напряжений в контактных зонах, в процессе твердения и сушки арболита, а при использовании мелкой фракции снижение прочности объясняется значительным уменьшением толщины цементных прослоек в структуре.

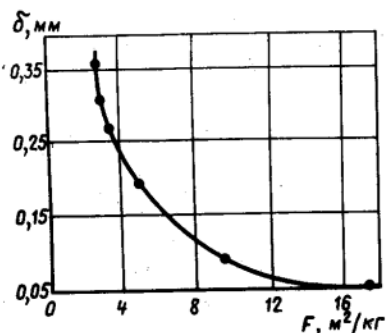


Рис. 1. Влияние удельной поверхности древесного заполнителя на толщину клеевой прослойки цементного камня контактной зоны в структуре арболита марки М 35

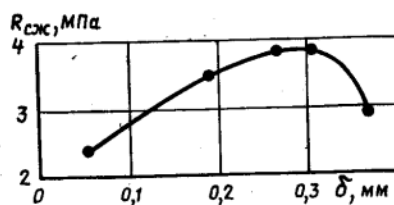


Рис. 2. Влияние толщины клеевой прослойки цементного камня на предел прочности при сжатии арболита марки М 35 при изменении удельной поверхности заполнителя от 17,56 до 2,57 м<sup>2</sup>/кг

Тонкие прослойки цементного камня в структуре арболита склеивают частицы заполнителя, поэтому одним из эффективных путей повышения прочности материала может стать увеличение сцепления между древесным заполнителем и цементным камнем, либо увеличение объема растворной части путем ввода в состав смеси тонкоизмельченных фракций минеральных добавок.

Для увеличения прочности арболита до марки М 50 на Бакинском ДОЗе Главбастроя внедрен состав смеси с повышенным содержанием растворной части. В состав смеси вводят добавку известнякового штыба пылевидной фракции (карьерные отходы камнепиления) в количестве 25% массы портландцемента с размером зерен не более 0,05 мм, т. е. не превышающем половины минимальной толщины клеевой прослойки в структуре арболита. При использовании более крупной фракции эффект применения добавки известнякового штыба снижается вследствие ухудшения контактов отдельных частиц древесного заполнителя в структуре арболита из-за малой толщины растворной пленки.

На опытную партию плит пола марки М 50 были разработаны технические условия. Главбастроем в жилищном строительстве с 1973 г. уложено более 50 тыс. м<sup>2</sup> арболитовых плит в качестве основания пола под паркет и линолеум.

#### Выводы

В процессе температурно-влажностных воздействий (при твердении и сушке) и при атмосферных воздействиях (попеременном увлажнении и высыхании) в структуре арболита наряду с конструкционными происходят деструкционные процессы в контактных зонах, вызываемые значительными влажностными деформациями древесного заполнителя.

Для повышения качества арболита в эксплуатационных условиях необходимо повышать сцепление древесного заполнителя с цементным камнем, снижать влажностные деформации заполнителя или его влияние.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бужевич Г. А. Арболит. М., Стройиздат, 1968.
2. Бужевич Г. А. Легкие бетоны на пористых заполнителях. М., Стройиздат, 1970.
3. Комар А. Г. Строительные материалы и изделия. М., Высшая школа, 1971.
4. Наназашвили И. Х., Минас А. И. Пути повышения структурной прочности и стойкости арболита в условиях попеременного увлажнения и высыхания. — Сб. трудов ЦНИИЭСельстроя, вып. № 15. М., 1976.
5. Баженов Ю. М. Способы определения состава бетона различных видов. М., Стройиздат, 1975.

По поводу статьи

Ю. М. Баженова,  
В. Н. Мамаевского,  
А. Ф. Щурова  
и Т. А. Ершовой  
«Высокопрочный бетон  
с химическими  
добавками»

В указанной статье<sup>1</sup> авторы описывают методику и результаты изучения прочностных и деформативных свойств образцов из цемента и бетона, изготовленных без добавок и с добавками ННК [1,5% Ca(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>+1,5% Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] и КД (0,2% СДБ + 1% CH<sub>3</sub>COONa + 1% Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Образцы из теста без добавок и с добавкой ННК формировались при  $V/C = 0,25-0,4$ , а с добавкой КД — при  $V/C = 0,225-0,34$ . Бетонные смеси без добавок и с добавкой ННК готовились при  $V/C = 0,2-0,4$ , а с добавкой КД — при  $V/C = 0,17-0,34$ . Жесткость бетонных смесей при  $V/C = 0,4-0,25$  увеличилась от 60—80 до 420 с. Образцы твердели в нормальных и воздушно-сухих условиях, а также при тепловлажностной обработке. Исследовались фазовый состав новообразований образцов из теста, их удельная поверхность, степень гидратации цемента, пористость и характер пор камня.

Постановка некоторых опытов, ряд результатов, выводов и высказываний авторов статьи, по моему мнению, не безупречны и, с учетом важности этой проблемы, заслуживают дополнительного обсуждения.

1. На с. 31 авторы статьи отмечают «Прочность на сжатие и на изгиб при одинаковой общей пористости для цементного камня и бетона с добавкой выше, чем в образцах без добавок, из-за того, что средний размер кристаллитов и пор геля С—S—Н в них меньше».

Только принцип сравнения «при одинаковой общей пористости» и может обеспечить получение объективных выводов. Сопоставление по этому принципу данных, представленных на рис. 1 и 2 статьи в виде зависимостей прочности цементного камня и бетона от  $V/C$ , показывает следующее. Цементный камень нормального твердения, изготовленный при  $V/C = 0,25-0,3$  без добавки и с до-

<sup>1</sup> См. «Бетон и железобетон», 1977, №

бавкой КД, по прочности практически одинаков. Камень же с добавкой ННК уступает в этом отношении камню без добавки. Характерно, что при таком методе сравнения иначе выступает также эффективность добавок ННК и КД, причем последние из них зачастую оказываются равноценной или менее эффективной по сравнению с ННК.

Такое же положение наблюдается с показателями прочности бетонов. Прочность пропаренных образцов без добавки и с добавкой КД при  $V/C=0,2$  (см. рис. 2,а) практически одинакова. Добавка же ННК при  $V/C=0,2-0,4$  вызывает лишь малозаметное превышение прочности над прочностью пропаренного бетона без добавки.

Что же касается прочности бетонных образцов нормального твердения (рис. 2,б), то наименьшие ее величины получены при изготовлении с добавкой КД даже при пониженных  $V/C$ . Сравнение же образцов, изготовленных с одинаковыми  $V/C$  (например,  $0,2-0,25$ ), выявляет превышение прочности бетона без добавок примерно на 20 МПа по сравнению с прочностью бетона с добавкой КД.

С учетом сказанного утверждение авторов статьи о том «что при всех условиях твердения добавки повышают прочность» (см. с. 30), не соответствует данным, представленным на рис. 1 и 2. Из этого следует, что для высокопрочных бетонов (70—100 МПа), изготовленных при  $V/C=0,2-0,3$  и твердеющих в нормальных условиях, добавки, особенно КД, вредны. В условиях же пропаривания эти добавки для бетонов, изготовленных при  $V/C=0,2-0,25$ , практически бесполезны, особенно ННК.

2. Авторы не дают в статье обоснования выбора для высокопрочного бетона добавки КД, содержащей СДБ, сульфат и ацетат натрия. Между тем, ее применение в рассматриваемых экспериментах, по данным ранее выполненных работ, противопоказано. Так, М. И. Стрелков, З. П. Митрофанова и И. Г. Бызова показали резко отрицательное влияние щелочных солей ( $R_2SO_4$ ,  $R_2CO_3$  и др.) на длительную прочность высокопрочного цементного камня<sup>2</sup>. Чем больше указанных или других солей щелочных металлов содержится в цементном камне и чем меньше  $V/C$  (например,  $0,2-0,32$ ), тем выше их отрицательное влияние. Указан-

ные авторы рекомендуют применять для высокопрочных бетонов цементы с содержанием  $R_2O$  не более 0,5%.

Авторы статьи в журнале «Бетон и железобетон» не дают характеристики цемента Себряковского завода, использованного ими в опыте. Применяя добавку КД с общим содержанием сульфата и ацетата натрия до 2%, оставляют без внимания возможное их разрушительное действие на бетон во времени. Это важнейший вопрос в проблеме высокопрочных бетонов.

3. В 1969 г. мной была выдвинута гипотеза<sup>3</sup> об эффекте возможного саморазрушения твердеющих «литных смесей» вяжущих с водой, в которых начальное содержание последней близко к теоретически необходимому для полной гидратации или меньше его. К настоящему времени этот эффект доказан экспериментально на смесях с водой трехкальцевого алюмината и полуводного гипса<sup>4</sup>. Под давлением дополнительно возникающих порций гидратных зародышей вначале затвердевшая структура гидроалюмината кальция разрушается в течение 1—2 недель ( $V/B=0,6$  и меньше), а полуводного гипса в течение 2,5—3 лет ( $V/B=0,15$  и меньше).

Портландцементы также подвержены давлению зародышей в смесях, изготовленных при водоцементных отношениях 0,25 и менее. У одних цементов оно выражается в стабилизации или снижении прочности через 2—4 года, у других — в более поздние сроки. Это явление, возникающее при пониженных водоцементных отношениях, имеет прямое отношение к долговечности высокопрочных бетонов и заслуживает глубокого изучения. Авторы статьи о высокопрочном бетоне, к сожалению, не придали значения этому вопросу.

4. Увеличение в ряде случаев прочности цементного камня при введении в них добавок авторы связывают с повышенной дисперсностью частичек гидратных новообразований. Это правильно, но не ново, и лишь подтверждает результаты ранее проведенных исследований (Стрелков М. И., Шпынова Л. Г., Мчедлов-Петросян О. П., Людвиг и Пенс и др.).

Этот вопрос также не раз освещался нами в печати начиная с 1958 г.<sup>5</sup> Авто-

ры статьи о высокопрочном бетоне, ограничившись констатацией зависимости прочности цементного камня от дисперсности частичек новообразований, не выявили причин вышеуказанных аномалий в показателях прочности по своим опытам. Они ограничились лишь предположением, что «очевидно, должны существовать структуры с оптимальными дисперсностями продуктов гидратации, соответствующие тому или иному виду механических свойств» (с. 31). Но и это высказывание не ново. Оно давно нашло обоснование в работах А. В. Саталкина, З. Н. Цилюсани, доказано экспериментами<sup>6</sup> и вытекает из положений в учебнике<sup>7</sup>. Особенно отчетливо это иллюстрируют данные исследования, проведенного Г. М. Божиновым<sup>8</sup>.

Не дали авторы статьи о высокопрочном бетоне надлежащего объяснения и разнице в усадке цементного камня, изготовленного из обычного и тонкомолотого цемента, о чем ранее было сообщено<sup>9</sup>.

<sup>2</sup> См. сб. Научные доклады. — М.: Высшая школа, 1958, № 1.

Волженский А. В., Рожкова К. Н. Структура и прочность двугидрата, образующегося при гидратации полуводного гипса. — Строительные материалы, 1972, № 5.

<sup>3</sup> Волженский А. В. О зависимости структуры и свойств цементного камня от условий его образования и твердения. — Строительные материалы, 1964, № 4.

<sup>4</sup> Волженский А. В., Буров Ю. С., Колокольников В. С. Минеральные вяжущие вещества. Учебник для вузов. II изд. — М.: Стройиздат, 1973.

<sup>5</sup> Божинов Г. М. Упругопластические деформации при статическом нагружении сжатия цементного камня и бетона с точки зрения их микроструктуры. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. — МИСИ им. В. В. Куйбышева, 1969.

<sup>6</sup> Волженский А. В., Чистов Ю. Д., Гарашин В. В. Влияние температуры твердения на свойства портландцемента. — Цемент, 1969, № 8.

Д-р техн. наук, проф.  
А. В. ВОЛЖЕНСКИЙ (МИСИ)

<sup>2</sup> Стрелков М. И., Митрофанова З. П., Бызова И. Г. — Сб.: Строительные материалы, детали и изделия, вып. XIII. — Киев: Будівельник, 1970.

Митрофанова З. П. Исследование микроструктуры высокопрочного цементного камня. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. — Харьков, 1972.

<sup>3</sup> Волженский А. В. Теоретическая водопотребность вяжущих, величина частиц новообразований и их влияние на деформации твердеющих систем. — Бетон и железобетон, 1969, № 9.

<sup>4</sup> Волженский А. В. Зависимость прочности вяжущих от их концентрации в твердеющей смеси с водой. — Строительные материалы, 1974, № 6.

Д-р техн. наук Г. С. ИВАНОВ, инж. О. И. КРИКУНОВ,  
кандидаты техн. наук А. И. ДМИТРИЕВ, Г. В. ТОПИЛЬСКИЙ (ВНПО Союзжелезобетон)

УДК 627.842/.844:691.327:539.217

## Технология восстановления водонепроницаемости напорных труб

По данным трубных заводов, из общего числа выбракованных по различным дефектам железобетонных напорных труб от 40 до 60% переводятся в низконапорные из-за водонепроницаемости бетона. Одним из путей повышения качества напорных труб является внедрение в производство разработанной ВНПО Союзжелезобетон технологии восстановления водонепроницаемости бетона пропиткой под давлением натриевым жидким стеклом\*, осуществяемой как на индивидуальных, так и на модернизированных стендах по двум схемам.

По первой схеме жидкое стекло заливают в приямок обычного стенда для гидростатических испытаний труб. При этом насосы стенда заменяют на специальные, позволяющие перекачивать жидкое стекло. Для низкого давления используют фекальные насосы, а для высокого — насос-дозатор НД-100/63.

По второй схеме (рис. 1) стенд дополняется резервуарами для хранения жидкого стекла, предохраняющими его от загрязнения и возможного разбавления водой. Жидкое стекло нагнетается из резервуара в пропитываемую трубу насосом низкого давления (Минераловодский завод железобетонных напорных труб) или сжатым воздухом под давлением 2—2,5 кгс/см<sup>2</sup> (Гниванский объединенный завод ЖБК). При этом приямок стенда заполняется водой для проведения гидроиспытаний труб. Давление жидкого стекла в трубе поднимается со скоростью 1 кгс/см<sup>2</sup> в 1 мин. Пропиточное давление для труб I класса составляет 20 кгс/см<sup>2</sup>, II класса — 14 кгс/см<sup>2</sup>, III класса — 8 кгс/см<sup>2</sup>. Труба выдерживается под давлением от 5 до 10 мин, заполняется жидким стеклом и освобождается от него за 3—6 мин.

\* Дмитриев А. И., Крикунов О. И., Топильский Г. В. Способ повышения водонепроницаемости напорных железобетонных труб. Реф. инф. ВНИИЭСМ. Серия «Промышленность сборного железобетона», Вып. 4, М., 1975.

Весь цикл пропитки трубы I класса составляет 30—35 мин.

После пропитки трубу снимают со стенда и хранят в цехе для отверждения жидкого стекла в течение 1,5—2 сут при температуре 15—25°C. При более низкой температуре длительность выдержки должна быть увеличена до 3 сут. После выдержки трубу подвергают повторному испытанию.

Исследованиями установлено, что натриевое жидкое стекло, инъецированное под давлением в бетон, способно в определенных условиях при взаимодействии с транспортируемой по трубам водой и бетоном превращаться в нерастворимый в воде продукт. Жидкое стекло постепенно переходит в эластичное, а затем в твердое состояние с образованием пробок затвердевшего стекла, закупоривающих водонепроницаемые каналы в бетоне труб. Эффективность пропитки зависит от размера дефектов в бетоне, концентрации (плотности)

жидкого стекла и его физико-химических свойств.

Опыты проводили на бетонных трубах диаметром 100, длиной 350 и толщиной стенки 25 мм с дефектами в виде сквозных канальцев и щелей. Размер полученных дефектов в трубах контролировали микроскопом МБС-1. Было изготовлено более 150 труб с 8—10 водонепроницаемыми дефектами в каждой.

После тепловлажностной обработки такие трубы подвергали гидростатическому испытанию водой при давлении до 10 кгс/см<sup>2</sup> и фиксировали дефекты. Затем трубы пропитывали натриевым жидким стеклом плотностью 1,51—1,34 г/см<sup>3</sup> и кремнеземным модулем  $n = 2,75$  (ГОСТ 13078—67) при давлении 6—10 кгс/см<sup>2</sup> в течение 5—20 мин. После 1—3 сут хранения в естественных условиях их повторно испытывали. Кроме того, часть пропитанных труб высушивали при температуре 55—75°C в течение 3—30 сут, другую хранили в

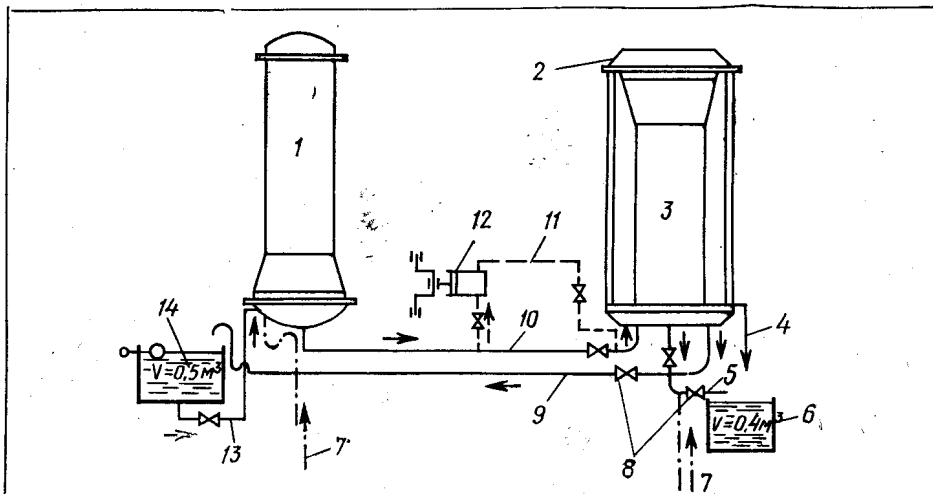


Рис. 1. Схема совмещенного стенда для гидростатических испытаний и пропитки труб жидким стеклом

1 — расходная емкость для жидкого стекла; 2 — стенд СМЖ-97; 3 — пропитываемая труба; 4 — система слива остатков жидкого стекла из трубы 3 после ее опорожнения в емкость 6; 5 — система слива избытка стекла из трубы 3 в емкость 6; 7 — система подачи сжатого воздуха; 8 — вентили; 9 — система подачи жидкого стекла из трубы 3 в подпиточную емкость 14; 10 — система подачи жидкого стекла из расходной емкости в трубу; 11 — трубопровод высокого давления для жидкого стекла; 12 — насос высокого давления; 13 — система подачи жидкого стекла из емкости 14 в резервуар 1



нормальных воздушно-влажных, а также в естественных условиях до 1,5 лет.

Из пропитанных труб, выдержавших гидротесты при давлении 9—10 кгс/см<sup>2</sup>, на Опытном заводе ВНИИЖелезобетона были смонтированы два водовода: водовод № 1 ( $P=2-6$  кгс/см<sup>2</sup>, проточная вода,  $R_e=1,97 \cdot 10^3$ ) эксплуатировали более двух лет, а водовод № 2 ( $P=0,5$  кгс/см<sup>2</sup>, проточная вода,  $R_e=8,1 \cdot 10^4$ ) — более года. Водоводы периодически демонтировали и подвергали контрольным гидротестам при давлении 9—16 кгс/см<sup>2</sup>. В настоящее время срок эксплуатации водовода № 1 составляет более трех лет. Результаты испытаний представлены на рис. 2.

Трубы со сквозными каналами размером менее 350—400 мк и исходной водонепроницаемостью 2—2,5 кгс/см<sup>2</sup> надежно кольтмируются при однократной пропитке жидким стеклом ( $d=1,49-1,51$  г/см<sup>3</sup>) и стабильно сохраняют приобретенную водонепроницаемость. Трубы с дефектами размером от 400 до 550 мк, водонепроницаемые при давлении воды 1,5—0,1 кгс/см<sup>2</sup>, после уплотнения жидким стеклом стабильно повышают водонепроницаемость при эксплуатации. При сушке водонепроницаемость таких труб из-за усадки затвердевшего стекла снижается. Однако при последующей эксплуатации водовода при давлении от 2 до 6 кгс/см<sup>2</sup> их водонепроницаемость восстанавливается за счет разложения жидкого стекла до гидрогеля SiO<sub>2</sub>, а затем постепенно возрастает. Дефекты размером более 600 мк невозможно ликвидировать однократной пропиткой жидким стеклом.

Показателем водонепроницаемости и долговечности пропитанных труб является степень уплотнения дефектов бетона натриевым жидким стеклом, определяемая размерами дефектов в бетоне и концентрацией используемого для пропитки жидкого стекла. Так, трубы с дефектами размером от 400 до 700 мк в первые 20 сут после однократной пропитки жидким стеклом имеют более высокую водонепроницаемость, чем после 1—3 мес хранения в естественных условиях, особенно при повышенной температуре (25—35° С) и сушке. Трубы с дефектами размером менее 350—400 мк стабильно сохраняют приобретенную водонепроницаемость не только при хранении в естественных условиях, но и при сушке при температуре 55—85° С (см. рис. 2).

С увеличением размера дефектов и уменьшением концентрации натриевого жидкого стекла облегчается возможность его вытекания из канала. Длина пробок из затвердевшего натриевого

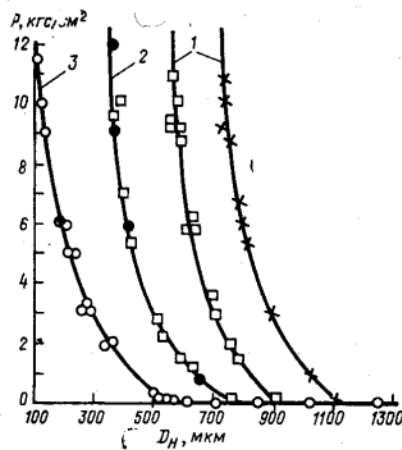


Рис. 2. Влияние размера исходных дефектов в бетоне на водонепроницаемость труб при эксплуатации в водоводе (1), сушке (2) и хранения в естественных условиях (3)

○ — трубы непропитанные; □ — то же, пропитанные один раз жидким стеклом,  $d=1,5-1,48$  г/см<sup>3</sup>; ×, ● — то же, пропитанные два раза жидким стеклом соответственно  $d=1,5-1,48$  и  $1,36-1,34$  г/см<sup>3</sup>.

стекла, образующихся в каналах диаметром от 400 до 600 мк, составляет 1,2—2 мм, а в каналах диаметром от 600 до 450 мк — 3—4 мм. При меньших размерах каналов происходит закупорка их по всей длине. В крупных дефектах твердение стекла между пробками сопровождается образованием пленки на стенках канала. По измеренной толщине пленок была рассчитана усадка натриевого стекла в каналах в зависимости от их размера и концентрации стекла. Из рис. 3 видно, что в бетоне с дефектами размером менее 350—400 мк усадочные явления, развивающиеся при высыхании жидкого стекла ( $d=1,5-1,34$  г/см<sup>3</sup>), практически не влияют на водонепроницае-

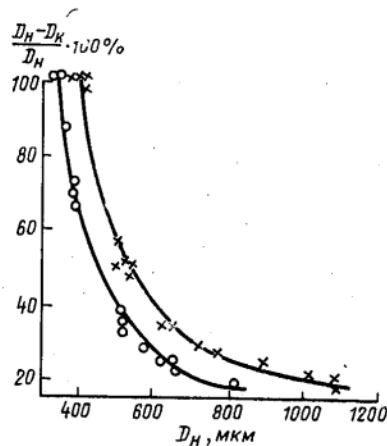


Рис. 3. Влияние размера исходных дефектов в бетоне на степень уплотнения их жидким стеклом

× — трубы пропитаны жидким стеклом,  $d=1,5-1,48$  г/см<sup>3</sup>; ○ — то же,  $d=1,36-1,34$  г/см<sup>3</sup>;  $D_n$  — исходный диаметр канала, мкм;  $D_k$  — диаметр канала после пропитки, мкм

мость пропитанных труб. Эти данные свидетельствуют о том, что для пропитки труб необходимо использовать натриевое стекло максимальной концентрации  $d=1,48-1,51$  г/см<sup>3</sup>.

Постепенное высыхание натриевого стекла в бетоне сопровождается повышением адгезионной прочности и прочности самого стекла. Установлено, что предел прочности при сдвиге клеевых швов с бетоном, образованных жидким стеклом с  $n=2,75$  и  $d=1,49$  г/см<sup>3</sup>, составляет к 3, 30 и 360 сут, соответственно, 8—12, 24—26 и 35—38 кгс/см<sup>2</sup>. Внутреннее давление воды в трубах при эксплуатации водовода не способно выдавить или разрушить пробки затвердевшего стекла. При эксплуатации пропитанных труб происходит разложение части пробки натриевого стекла соединениями, содержащимися в водопроводной воде (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub>, NaCl и т. д.), и коагуляция находящихся в стекле солей кремнезема до гидрогеля кремнезема — плотного, практически нерастворимого и водонепроницаемого продукта.

Являясь отрицательным коллоидом, гидрогель кремнезема адсорбирует из водопроводной воды, порового раствора бетона преимущественно катионы кальция, магния, алюминия и т. д., способные образовать с ним нерастворимые в воде соединения (гидросиликаты кальция, магния и т. д.). Этим объясняется постепенное повышение водонепроницаемости пропитанных труб при эксплуатации водовода.

Натриевое стекло, остающееся на внутренней поверхности пропитанных труб в виде тонкой пленки, легко растворяется и уносится водой в процессе их гидростатических испытаний, поэто-

Трубы класс	диаметр	Напорность труб до пропитки, кгс/см <sup>2</sup>	Плотность натриевого жидкого стекла, г/см <sup>3</sup>	Перевод труб после пропитки в классы, %		
				I	II	III
I	700	12	1,4—1,15	100	—	—
		4—12	1,45	70	30	—
		3—10	1,4—1,15	40	55	5
I	900	12	1,34—1,15	70	30	—
		5—10	—	65	35	—
		<3	—	—	25	60
I	900	3—8 и трещины <3	1,33—1,27	10	80	10
		и трещины <3	—	—	40	20
II	1200	5—10 <3	1,34—1,15	—	100	—
				—	35	35

му вода, транспортируемая по таким трубам, отвечает санитарным нормам. Об этом свидетельствуют данные по определению содержания  $\text{Na}_2\text{O}$  в воде при гидростатических испытаниях пропитанных труб диаметром 900 мм на Душанбинском опытном заводе напорных труб и ЖБИ, а также при эксплуатации экспериментального водовода № 1. Минздрав СССР разрешил использовать натриевое жидкое стекло

для пропитки напорных железобетонных труб, применяемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

По данным промышленных испытаний и внедрения технологии восстановления водонепроницаемости напорных труб на десяти заводах Минстройматериалов СССР, Минводхоза СССР и Минстроя СССР, не менее 90—95% напорных труб, имевших первоначальную водонепроницаемость при давлении от 2 до

10 кгс/см<sup>2</sup>, после пропитки жидким стеклом приобрели напорность, соответствующую трубам I и II классов (см. таблицу). Расход жидкого стекла на 1 м<sup>3</sup> обрабатываемых труб составляет 6—16 кг, дополнительные расходы на материалы, переоборудование стенов и заработную плату — 1—1,5 р/м<sup>3</sup>. Эффект от восстановления водонепроницаемости дефектных труб в 1975—1976 гг. на десяти заводах составил более 2 млн. р.

Канд. техн. наук В. Л. ЭПШТЕЙН, инженеры Ю. А. ХЕЙЛО, П. Г. РОЙЗИН  
(Днепропетровский филиал НИИСП Госстроя УССР)

УДК 691.328—46—412

## Изготовление объемных блоков тоннелей на универсальном формовочном оборудовании

Наиболее рациональным способом производства объемных блоков тоннелей является непрерывное формование с перемещающимся формирующим элементом. В качестве вибрирующих элементов можно использовать наружные щиты, сердечник с навесными вибраторами или с центрально расположенным виброблоком, виброворонку, расположенную на наружных щитах или на сердечнике. По конструктивным решениям внутренние формирующие элементы можно разделить на три группы: сердечники цельносварные с распалубочной конусностью и без нее; сердечники складывающиеся, состоящие из шарнирно-соединенных между собой щитов; сердечники переналаживаемые, состоящие из разрезных щитов и отдельных щитов-вставок.

Первую группу сердечников применяют в кассетных установках и установках, работающих по принципу «подвижных щитов»; вторую и третью — в формовочных установках конструкции Днепропетровского филиала НИИСП. Складывающиеся сердечники успешно используют для изготовления сантехкабин, а переналаживаемые — для объемных блоков коммуникационных тоннелей широкой номенклатуры (рис. 1).

Цельносварные сердечники увеличивают расход бетона и металла на изделие, а также требуют больших площадей для их хранения. Сердечники второй и третьей групп наиболее пригодны для универсальных формовочных установок.

Днепропетровским филиалом НИИСП разработаны формовочные машины типа МТ-6, МБЛ-1\*, ФУСЭ-2 для изготовления объемных блоков инженерных сооружений. В основу работы машины положено непрерывное перемещение снизу вверх вибрирующей головки сер-

\* Рабочие чертежи формовочных машин МТ-6 и МБЛ-1 разработаны Харьковским филиалом ПИ № 3 Минпромстроя СССР.

Рис. 1. Изготовление блоков тоннелей на машине МТ на Днепропетровском заводе «Стройдеталь» треста Днепроспецстрой



дечника в процессе формования, что позволяет применять жесткие бетонные смеси удобоукладываемостью 30—90 с и обеспечить немедленную распалубку отформованного изделия.

Машина МТ-6\*\* (рис. 2) универсальна и предназначена для изготовления железобетонных блоков тоннелей объемом от 1,8 до 4,5 м<sup>3</sup> (22 типоразмера внутренних сечений и 3 по высоте по серии 3.006-3, разработанной Мосинжпроект при участии НИИЖБ). Размеры наружных щитов машины МТ-6 приняты по максимальному габариту стенок блока (3,7×3,7 м). Внутри щитов устроены паровые рубашки для подогрева бетонной смеси. Вибросердечник состоит из виброголовки, осуществляющей распределение бетонной смеси по периметру формируемого изделия и уплотняющей смесь профилированной стенкой вибропояса, и собственно сердечника, предназначенного для заглаживания отформованной части изделия и предохранения ее от разрушения. Виброголовка отделена от сердечника амортизирующими прокладками, почти полностью исключая передачу вибрации на остальную часть конструкции. Это создает интенсивную вибрацию в зоне непосредственной укладки бетонной смеси при минимальной затрате энергии.

Сердечник представляет собой сборную металлическую конструкцию из че-

\*\* Авт. свид. № 298730 на имя А. М. Дотликова, А. С. Волкова и Ю. А. Хейло. Опалубка для возведения сооружений из бетонной смеси. — Оpubл. в Б. И., 1971, № 11.

тырех полах щитов, замена которых позволяет получить необходимое число его типоразмеров. На каждом щите установлено по четыре высокочастотных вибратора ИВ-76 мощностью 0,6 кВт и частотой колебаний 5700 кол/мин, обеспечивающих вибрацию поверхности формируемых изделий, что улучшает их качество. В полую виброголовку подается теплоноситель для разогрева бетонной смеси в процессе формирования\*\*\*. В зависимости от размеров поперечного сечения сердечника в виброголовку устанавливается соответствующий вибратор.

Разработаны винтовой и гидравлический механизмы вертикального перемещения вибросердечника. Изменение размера блоков по высоте достигается установкой рамок-поддонов на специальные подставки.

Объемные блоки изготавливают на машинах МТ-6 в следующей последовательности. Очищают и смазывают рабочие поверхности машины; устанавливают рамку-поддон с арматурным каркасом; при помощи гидроцилиндров устанавливают в рабочее положение наружные щиты и фиксируют их замками; подают пар в полости наружных щитов, щитов сердечника и виброголовки; выгружают на распределительный конус бетонную смесь (на весь объем изделия, половину или часть объема, в зависимости от объема изделия и организации производства), включают на 60 с вибраторы вибропояса, механизм вертикального перемещения вибросердечника и при включенных вибраторах головки и щитов поднимают его.

При подъеме вибросердечника бетонная смесь под воздействием интенсивной вибрации распределяется по контуру формы и уплотняется, образуя стенки блока. Формование изделия заканчивается в момент подъема щитов вибросердечника до верхней кромки наружных щитов. Затем вибропригрузом, который подается краном, обрабатывается верхний торец изделия. Жесткость смеси в момент укладки составляет 30—90 с, расход цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона марки М 400—330—290 кг, а марки М 500 — от 250 до 268 кг.

Отформованный блок распалубливают, опуская вибросердечник и отклоняя наружные щиты. Затем внутрь блока заводят траверсу, и свежотформованное изделие на рамке-поддоне извлекают из машины и переносят в зону тепловой обработки. Продолжительность техно-

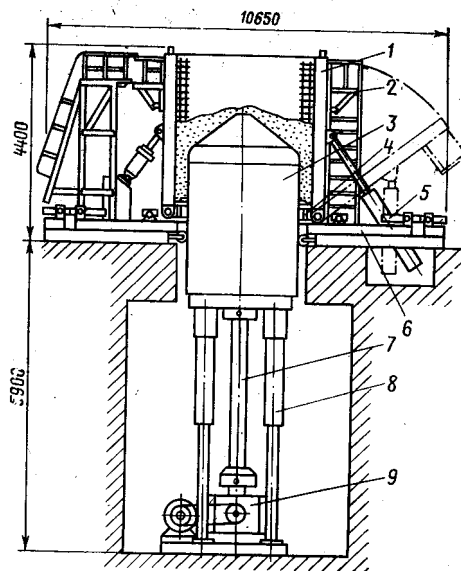


Рис. 2. Формовочная машина МТ-6 для изготовления блоков тоннелей

1 — наружные щиты; 2 — обслуживающая площадка; 3 — вибросердечник; 4 — рамка-поддон; 5 — винт передвижения рамы щита; 6 — рама щита; 7 — подъемный винт; 8 — телескопические направляющие; 9 — привод подъема вибросердечника

гических операций по изготовлению одного объемного блока тоннеля размером 3×3×3 м составляет 60 мин, тепловой обработки — 9—11 ч.

Переналадка формовочной машины сводится к замене щитов сердечника, так как наружные щиты переналаживаются с пульта управления путем их взаимной сдвижки. Трудоемкость переналадки — 4,6 чел.-дн, т. е. звено из четырех человек осуществляет переналадку за 1,5 смены. Как показала практика, переналадка машины происходит примерно 1 раз в месяц (~600—1000 пог. м тоннеля или коллектора).

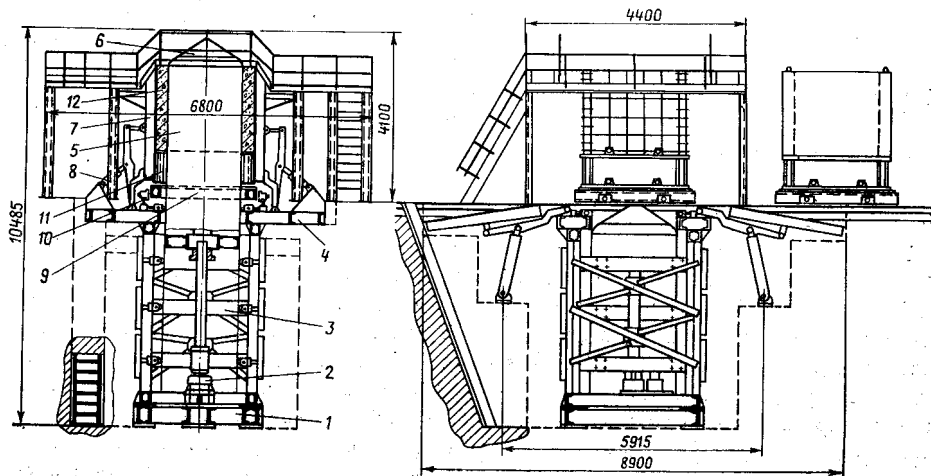


Рис. 3. Формовочная машина МБЛ-1 для изготовления блоков шахт лифтов

1 — нижняя опорная рама; 2 — механизм подъема вибросердечника; 3 — пространственная колонна; 4 — верхняя опорная рама; 5 — вибросердечник; 6 — виброконус; 7 — наружные щиты; 8 — гидросистема; 9 — поддон инвентарный; 10 — рельсовый путь; 11 — рамка-подставка; 12 — отформованное изделие

\*\*\* Авт. свид. № 476993 на имя В. Л. Эпштейна, Ю. А. Хейло, А. С. Волкова. Способ формования объемных железобетонных элементов. — Опул. в Б. И., 1975, № 26.

#### Техническая характеристика машины МТ-6

Средняя годовая производительность, тыс. м <sup>3</sup>	10
Число типоразмеров блоков	22
Масса машины, т	64
Мощность силовых токоприемников, кВт	45
Скорость подъема вибросердечника, мм/с	6,7
Удобоукладываемость бетонной смеси, с	30—90
Численность обслуживающего персонала	2

Исследованиями действующих и лабораторных формовочных установок выявлены вибрационные параметры процесса формования, подобран профиль виброголовки и определены усилия при формовании и извлечении вибросердечника из отформованного изделия.

На рис. 4 показан график распределения амплитуд колебаний  $A$  в бетонной смеси по толщине изделия  $h$  в зависимости от жесткости смеси  $J$ , частоты колебаний виброэлемента  $W$ , скорости его перемещения  $V$  и числа дебалансов  $N$ . При формовании объемных блоков с толщиной стенок от 100 до 250 мм из жестких бетонных смесей удобоукладываемостью 30—90 с при частоте 2800—3000 кол/мин необходимо обеспечить амплитуду колебаний виброголовки 0,5—0,6 мм и скорость вертикального перемещения вибросердечника 6,7—10 мм/с. Эти же результаты могут быть достигнуты при амплитуде колебаний виброголовки 0,2—0,3 мм, частоте колебаний 4500—5000 кол/мин и скорости вертикального перемещения вибросердечника 6,7—13,3 мм/с.

Максимальные усилия при формовании объемного блока массой 10 т составили 60 тс, при извлечении сердечника из свежотформованного блока — 40 тс.

Машина МБЛ-1 (рис. 3) предназначена для изготовления блоков шахт лиф-

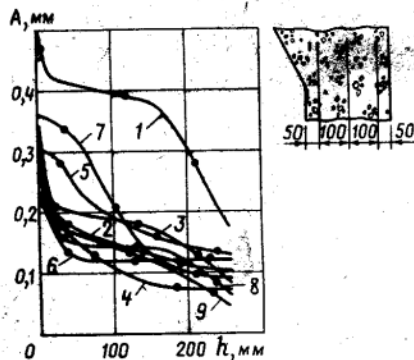


Рис. 4. Распределение амплитуд колебаний жесткой бетонной смеси  
 1 — Ж=30 с, V=6,6 мм/с, W=389 Гц, N=3; 2 — Ж=90 с, V=6,6 мм/с, W=289 Гц, N=2; 3 — Ж=30 с, V=5 мм/с, W=327 Гц, N=2; 4 — Ж=60 с, V=6,6 мм/с, W=402 Гц, N=1; 5 — Ж=60 с, V=3,3 мм/с, W=440 Гц, N=2; 6 — Ж=60 с, V=5 мм/с, W=276 Гц, N=3; 7 — Ж=90 с, V=3,3 мм/с, W=289 Гц, N=3; 8 — Ж=90 с, V=5 мм/с, W=465 Гц, N=1; 9 — Ж=30 с, V=3,3 мм/с, W=314 Гц, N=1

тов размером в плане 1,78×1,93 м, высотой до 3 м (объем изделия от 0,6 до 1,8 м³) по серии ИЛ89-6 и ГОСТ 17538-72. Установка ФУСЭ-2 предназначена для изготовления объемных блоков силовых элеваторов СОГ размером в плане 3×3 м, толщиной стенок 100 мм и высотой 1,2 м (объем изделия 1,5 м³). В отличие от МТ-6, рамки-поддоны в этих машинах выполнены на катках, и свежотформованный на ней блок после распалубки выкатывается и поступает в тоннельную камеру тепловой обработки. Такое конструктивное решение возмож-

но благодаря тому, что на установке изготавливают только один типоразмер блока в плане.

Институтом Гипростроммаш разработан проект технологической линии для изготовления объемных блоков коммуникационных тоннелей с двумя формовочными машинами производительностью 20 тыс. м³ в год. Строительство линии предусмотрено на заводе ЖБИ-9 Производственного объединения Запорожжелезобетон Минтяжстроя УССР. По сравнению с существующей технологией изготовления объемных блоков в индивидуальных формах кассетного типа внедрение технологической линии с двумя формовочными машинами МТ позволит снизить трудоемкость формования до 1,88 чел.-ч, себестоимость изготовления до 64,26 р., удельные капиталовложения до 35,48 р. на 1 м³ изделия. Экономический эффект от внедрения линии составит 216,8 тыс. р. в год.

#### Калькуляция себестоимости изготовления объемных блоков (в рублях на 1 м³ изделия)

	Существующее производство блоков	Технологическая линия с машинами МТ-6
Бетон марки М 300	14,87	12,6
Арматура	26,32	26,32
Пар	1,85	0,76
Электроэнергия	0,3	0,27
Заработная плата	6,56	5,5
Содержание и эксплуатация оборудования	15,19	12,42
Цеховые расходы	4,01	3,69
Общезаводские расходы	3,36	1,44
Внепроизводственные расходы	1,36	1,26

Канд. техн. наук Л. И. ДВОРКИН, инж. М. Ш. ФАЙНЕР (Украинский ин-т инженеров водного хозяйства)

УДК 624.012.45:666.972.16.003

## Эффективность добавок в прокатном производстве железобетонных изделий

Изучению прокатного производства сборного железобетона посвящены работы [1, 2], но в последние годы исследования по совершенствованию этого способа производства практически прекратились. В настоящее время не существует количественных зависимостей и единого мнения об эффективности прокатного производства железобетонных изделий. Основные преимущества прокатной технологии состоят в комплексной механизации, непрерывности процесса и

высокой производительности. Однако повышенная скорость движения ленты конвейера достигается в результате форсирования процесса тепловой обработки, что приводит к перерасходу цемента на 30—40% по сравнению с нормативным.

Авторы проанализировали эффективность производства плит перекрытий и панелей внутренних стен 16-этажных жилых домов на прокатном стане БПС-6 при использовании различных технологических приемов экономии цемента. Исследование проводили на Киевском

Таким образом, годовой экономический эффект от внедрения технологической линии для производства объемных блоков коммуникационных тоннелей составил 216 тыс. р. и 4800 чел.-дн. При этом годовая прибыль предприятия равна 500 тыс. р., а дополнительная экономия трудовых затрат при строительстве коммуникационных тоннелей и коллекторов из объемных блоков вместо плоских панелей — 6000 чел.-дн. В такой же мере эффективно и производство лифтовых шахт на машинах МБЛ-1 и элементов элеваторостроения на установках ФУСЭ-2.

На производство объемных железобетонных блоков и устройство из них коммуникационных тоннелей и коллекторов утверждены нормативные документы ВСН-01-71, ВСН-01-73 и ТУ 36 УССР 72-77.

#### Выводы

Разработанная Днепропетровским филиалом НИИСП технология изготовления объемных блоков на механизированном формовочном оборудовании способствует организации высокоэффективного промышленного производства широкой номенклатуры объемных блоков различного назначения. Подготовленная нормативная и проектная документация позволяет перейти от внедрения отдельных машин к строительству специализированных технологических линий и цехов, что обеспечит значительный народнохозяйственный эффект и существенно улучшит технико-экономические показатели строительства в целом.

ДСК-1 на основе системного анализа, хронометражных наблюдений, калькулирования себестоимости продукции и экспериментов. Для технико-экономических расчетов приняты следующие исходные данные: стоимость здолбуновского цемента марки М 400—16,7 р/т, М 500—17,88 и М 600—21,2 р/т; щебня 8,56 р/м³; песка кварцевого речного 2,22 р/м³; добавок технического сернокислого натрия 25 р/т; НКК—66 р/т; НКХК—52 р/т; стоимость оборудования стана 260 тыс. р.; отпусковые цены на

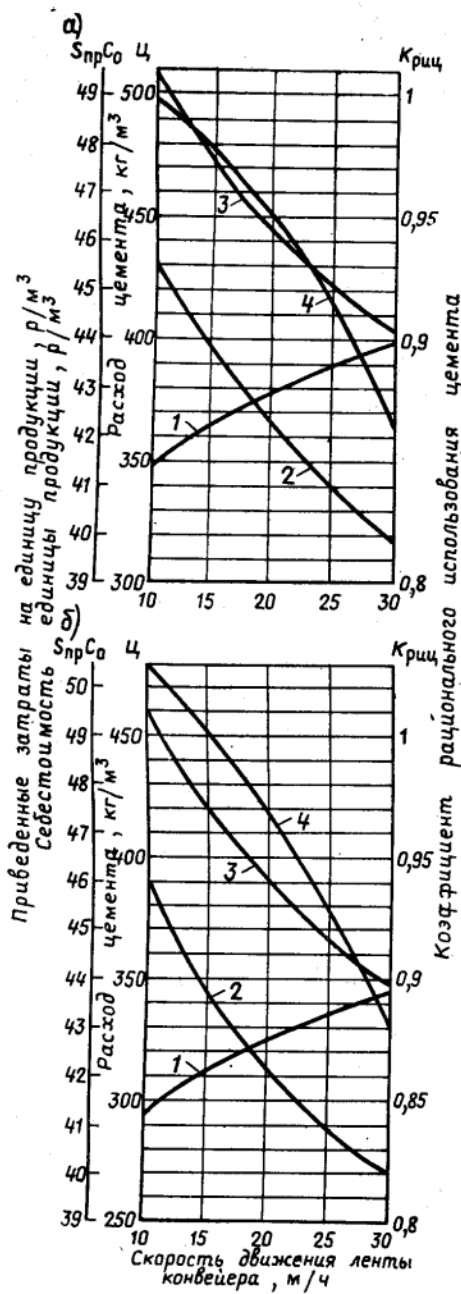


Рис. 1. Техно-экономическая эффективность прокатного производства плит перекрытий с добавкой портландцемента марки М 500 (а) и М 600 (б)  
1 — расход цемента; 2 — себестоимость; 3 — приведенные затраты; 4 —  $K_{риц}$

плиты перекрытий  $54,88 \text{ р/м}^3$ ; панели внутренних стен  $45 \text{ р/м}^3$ ; марка бетона плит перекрытий М 400, а панелей внутренних стен М 300; длина щелевой пропарочной камеры 60 м.

На первом этапе работ получили количественные зависимости (в виде уравнений регрессии второго порядка) рас-

палубочной и марочной прочности бетона при жесткости смеси 80 с от расхода цемента, скорости движения ленты конвейера, времени после окончания тепловой обработки, расхода добавок и активности цемента, а затем определили во всех случаях экономические показатели производства. Решение полученных зависимостей при фиксированном значении распалубочной прочности  $150 \text{ кгс/см}^2$  через 0,5 ч после окончания тепловой обработки и пределе прочности бетона при сжатии через 28 сут не ниже марочной позволило сравнить эффективность добавок при особоборсирированных режимах тепловой обработки и различных марках цемента. Анализ показал, что при прокатном производстве наиболее эффективными по показателям приведенных затрат и качеству бетона являются добавки 1%  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и 3—4% ННХК массы цемента. Если при использовании бетона без добавок (с учетом последующего нарастания прочности в течение суток после окончания тепловой обработки) для получения отпускной прочности 60% и более требуется цемент марки М 600 [3], то при применении добавок  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и ННХК удовлетворяет и цемент марки М 500. Использование последующего нарастания прочности и ускоряющего действия добавок позволяет существенно снизить расход цемента.

При оптимальном расходе добавок и времени после окончания тепловой обработки бетона получили основные технико-экономические показатели (расход цемента, себестоимость, приведенные затраты, прибыль) при различной скорости движения ленты конвейера и установили количественные зависимости эффективности прокатного производства при использовании технологических приемов экономии цемента для плит перекрытий (рис. 1) и панелей внутренних стен (рис. 2). Анализ зависимости расхода цемента и  $K_{риц}$  [4] (в качестве эталона взяли приведенные затраты на цемент марки М 500 для получения бетона заданной прочности в условиях нормального твердения) показал, что даже при использовании добавок-ускорителей твердения и последующего нарастания прочности перерасход цемента по сравнению с нормируемым СН 386-74 составил около 15%.

При изучении прокатного производства выявлены конструктивные недостатки в системах непрерывного дозирования составляющих бетонной смеси, в бортооснастке, в калибрующей секции, в прижимных металлических валках и т. д. К сожалению, применение различных конструкций зданий не дало возможности сравнить эффективность железобетон-

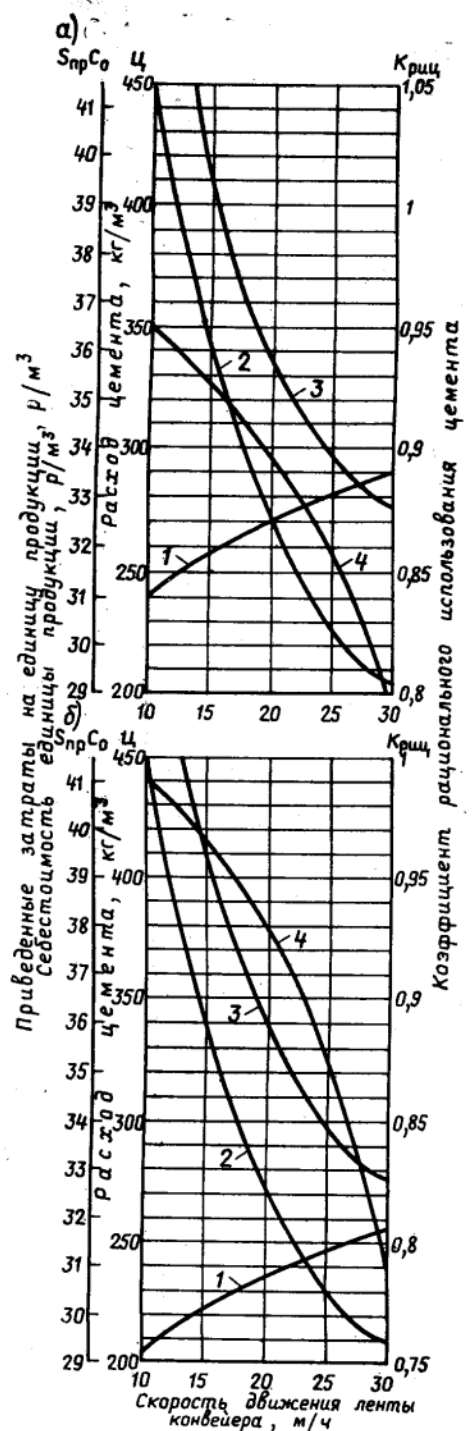


Рис. 2. Техно-экономическая эффективность производства панелей внутренних стен. Обозначения см. по рис. 1

ных изделий различных способов производства [5].

#### Выводы

Прокатное производство железобетонных конструкций обеспечивает высокий уровень производительности труда, но ведет к значительному перерасходу цемента и снижению однородности прочности бетона. Однако показатель максимальной производительности отражает

лишь затраты живого труда и не учитывает овеществленный труд (металлоемкость, расход цемента), поэтому он не может быть принят в качестве основного критерия. Эффективность изготовления сборных железобетонных изделий должна устанавливаться на основе комплекса взаимосвязанных критериев.

Совместное использование добавок  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  или ННХК и последующего роста прочности бетона в течение суток после окончания тепловой обработки по особофорсированному режиму снижает расход цемента на 30%; по сравнению же с нормативным остается перерасход 10—15%.

Наиболее оптимальными для прокатного производства конструкций при использовании добавок  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и ННХК при отпускной прочности 60% является цемент марок М 500 и 600.

Исследования показали, что прокатный способ производства железобетонных изделий в том виде, в каком он применяется в настоящее время, недостаточно эффективен, однако он является перспективным при устранении существенных конструктивных недостатков, широком использовании новых вяжущих и технологических приемов экономии цемента.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Промыслов В. Ф., Козлов В. Н., Львовский Б. В. Изготовление гипсобетонных и железобетонных изделий методом проката. М., Госстройиздат, 1958.
2. Френкель И. М. Основы технологии изготовления железобетонных панелей на Люберецком заводе. — В сб.: Технология и свойства бетонов для изделий, изготовленных методом вибропроката. Труды НИИЖБ, вып. 20. М., Госстройиздат, 1961.
3. Дворкин Л. И., Файнер М. И. Рост прочности бетона, пропаренного при особофорсированном режиме. — Бетон и железобетон, 1974, 7.
4. Дворкин Л. И., Файнер М. Ш. Оптимизация режимов тепловой обработки железобетонных конструкций. — Бетон и железобетон, 1975, № 2.
5. Цыганков И. И. Технико-экономический анализ способов производства сборного железобетона. М., Стройиздат, 1973.

## В помощь проектировщику

Канд. техн. наук С. А. МАДАТЯН (НИИЖБ)

УДК 691.87:693.554

### Учет эффектов преднапряжения арматуры при расчете прочности изгибаемых элементов

Известно [1—3], что преднапряженне арматуры, расположенной в растянутой зоне, повышает прочность железобетонного элемента благодаря достижению в ней в предельном по прочности состоянии элемента больших напряжений, чем в случае, когда арматура не была напряжена. Это нашло отражение в Международных Рекомендациях ФИП-ЕКБ и впервые вошло в СНиП II-21-75. Однако в них не учитываются эффекты упрочнения арматурной стали при ее преднапряжении. Опыты [4] показали, что преднапряжение существенно изменяет характеристики механических свойств и диаграмму растяжения (сжатия) видов высокопрочной арматурной стали в результате деформационного упрочнения, электронагрева и последующих реологических процессов. Поэтому целью исследований явилась разработка аналитического метода расчета несущей способности и деформативности изгибаемых преднапряженных элементов по нормальным сечениям в предельном по прочности состоянии с учетом комплекса эффектов преднапряжения арматуры. В качестве основных предпосылок расчета принято, что диаграмма растяжения (сжатия) арматурной стали при ее условно-мгновенном нагружении в составе железобетонного элемента аппроксимируется [5] выражениями:

$$\epsilon_a = \frac{\sigma_a}{E_{нач}} + m \left( \frac{\sigma_a}{\sigma_{0,2}} - \eta \right)^3; \quad (1)$$

$$\text{при } \eta < \frac{\sigma_a}{\sigma_{0,2}}$$

$$\text{или при } \eta \geq \frac{\sigma_a}{\sigma_{0,2}}$$

$$\epsilon_a = \frac{\sigma_a}{E_{нач}}; \quad (2)$$

где  $E_{нач}$  — начальный модуль упругости, МПа;

$\epsilon_a$  и  $\sigma_a$  — соответственно текущие деформации и напряжения арматуры, МПа;

$\sigma_{0,2}$  — условный предел текучести стали, работающей в составе железобетонного элемента, МПа;

$m, \eta$  — безразмерные параметры диаграммы растяжения.

Для напрягаемой арматуры при  $\sigma_0 > \eta_{исх} \sigma_{0,2}^{исх}$ :

$$\sigma_{0,2} = \sigma_{0,2}^{исх} \left[ 1 + K_a \frac{\sigma_{п}}{\sigma_{0,2}^{исх}} + 100 (1 - \eta_{исх}) \epsilon_{ап0} \right]; \quad (3)$$

$$\eta = j \frac{\sigma_0 + \sigma_{п}}{\sigma_{0,2}}; \quad (4)$$

$$m = \frac{0,002}{(1 - \eta)^3}; \quad (5)$$

причем  $\sigma_{0,2}^{исх}$ ,  $\eta_{исх}$  и  $m_{исх}$  — показатели исходной диаграммы растяжения стали;  $\eta_{исх}$  для каждого вида арматурной стали находят путем статистической обработки опытных величин соотношения  $\sigma_a - \epsilon_{ап}$  в координатах

$$\frac{\sigma_a}{\sigma_{0,2}} - \sqrt[3]{\epsilon_{ап}} \text{ или } \sigma_a - \sqrt[3]{\epsilon_{ап}} \quad (\text{рис. 1})$$

при  $\epsilon_{ап} \rightarrow 0$ ,

где

$$\epsilon_{ап0} = m_{исх} \left( \frac{\sigma_a}{\sigma_{0,2}^{исх}} - \eta_{исх} \right)^3;$$

$K_a$  — коэффициент, зависящий от вида стали, как правило,  $K_a = 1$ ;

$\sigma_{п}$  — потери напряжения от релаксации, МПа;

$j$  — коэффициент, учитывающий соотношение расчетной и фактической диаграммы растяжения при  $\sigma_a > \sigma_{0,2}$ ;

$\epsilon_{ап0}$  — величина условно-мгновенных пластических деформаций стали, выбираемых при ее натяжении до  $\sigma_a = \sigma_0$ .

Параметры диаграммы растяжения стержневой арматурной стали основных видов в исходном состоянии, а также после преднапряжения и термообработки бетона изделий паром в течение 12—14 ч при  $t = 90...95^\circ\text{C}$  приведены в таблице. Исследования [5] позволили установить некоторые основные закономерности деформирования растянутой арматуры в упруго-пластической стадии. Используя выражение (1), диаграммы растяжения и указанные закономерности, удалось ус-

Класс, марка и диаметр арматуры, мм	Величина предельного напряжения $\sigma_a$ , МПа	Среднее квадратическое отклонение исходных $\sigma_{0,2}$ , МПа	Способ нагружения			
			механический		электро-термический	
			$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\eta$	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\eta$
A-IV, 20ХГ2Ц, 10—18	0 400 600	75,6 75,6 75,6	718* 741 807	0,4 0,57 0,85	790 808 848	0,5 0,52 0,77
A-V, 23Х2Г2Т, 10—22	0 400 600 800	79,6 79,6 79,6 79,6	898* 914 940 1021	0,5 0,55 0,71 0,94	943 958 977 1026	0,65 0,7 0,72 0,89
At-V, 20ГС и 20ГС2, 10—14	0 400 600 800	36,4 36,4 36,4 36,4	919* 935 955 1017	0,6 0,62 0,7 0,91	983 998 1016 1045	0,75 0,8 0,82 0,86
At-V, 20ГС и 20ГС2, 16—25	0 400 600 800	57,2 57,2 57,2 57,2	971* 986 1004 1040	0,7 0,75 0,77 0,86	1010 1024 1042 1067	0,8 0,85 0,87 0,89
At-VI, 20ГС и 20ГС2, A-VI, 10—18	0 400 600 800 1000	50 50 50 50 50	1062* 1076 1093 1126 1200	0,6 0,64 0,65 0,8 0,9	1115 1128 1144 1167 —	0,75 0,8 0,81 0,83 —

\* При  $\sigma_0 = 0$   $\sigma_{0,2} = \sigma_{0,2}^{исх}$ .

тановить, что отношение среднего предельного напряжения в зоне изгиба  $\sigma_{ам}$  к предельному в сечении разрушения  $\sigma_{ам}$  изменяется в пределах 0,93—0,98 и с достаточной для практических целей точностью может быть принято равным 0,95. Исходя из этого средняя предельная деформация растянутой арматуры в зоне изгиба при  $\sigma_{ам} > \sigma_{упр}$ :

$$\bar{\epsilon}_{ам} = \frac{0,95 \sigma_{ам}}{E_{нач}} + \left( \frac{0,95 \sigma_{ам}}{\sigma_{0,2}} - \eta \right)^3 - \frac{\sigma_{0,t}}{E_{нач}} \quad (6)$$

Это же соотношение принято и при  $\sigma_{ам} \leq \sigma_{упр}$ , когда

$$\bar{\epsilon}_{ам} = \frac{0,95 \sigma_{ам}}{E_{нач}} - \frac{\sigma_{0,t}}{E_{нач}} \quad (7)$$

Среднюю предельную сжимаемость бетона в зоне изгиба  $\bar{\epsilon}_{бм}$  определяют опытным путем. Для тяжелого бетона марок М 200—600, на основании данных работы [5] и статистических исследований автора,  $\bar{\epsilon}_{бм} = 0,0031$ . В качестве критерия предельного напряжения бетона сжатия принята призмная прочность  $R_{пр}$ .

Эпюра напряжений сжатого бетона условно-прямоугольная с высотой  $x$ , равной высоте сжатой зоны сечения над трещиной. Среднее соотношение средней высоты сжатой зоны бетона в зоне изгиба  $\bar{x}$  и  $x$  принято равным 1,2. При наличии достаточного числа экспериментальных данных  $\bar{x}/x$  может быть принято иным, например равным  $1/\bar{\xi}_0$ . Схему деформирования сечения считают в виде плоского поворота. Высоту сжатой зоны бетона в сечении разрушения и момент от действия внешних сил, воспринимаемый расчетным сечением, определяют из условий равновесия сил в сечении.

Дальнейшие математические преобразования рассматриваемой аналитической модели с использованием решения Кардано и переходом от метода последовательного приближения к уравнениям более высоких степеней позволили получить

расчетные формулы для определения предельного напряжения в арматуре:

$$\sigma_{ам} = m_a \xi_n \sigma_{0,2} \quad (8)$$

при

$$\frac{\sigma_{ам}}{\sigma_{0,2}} = m_a \xi_n > \eta;$$

$$\bar{\xi}_{0,2} = \frac{\bar{\epsilon}_{бм}}{1,14 m A}; \quad (9)$$

$$A = y^4 + y^3 + p y^2 + (q + p \eta) y + q \eta, \quad (10)$$

где  $y = m_a \xi_n - \eta$ ;

$p$  и  $q$  — безразмерные функции

$$E_{нач}, \bar{\epsilon}_{бм}, \sigma_{0,2}, m \text{ и } \sigma_{0,t}$$

Решение задачи сводится к нахождению  $\bar{\xi}_{0,2} = \frac{x}{h_0}$  при  $\sigma_{ам} = \sigma_{0,2}$ , построению

зависимости  $m_a \xi_n - \bar{\xi}_{0,2}$  в табличной или графической форме (рис. 3) и определению по этой формуле и известной величине  $\bar{\xi}_{0,2}$  значений  $m_a \xi_n$  и  $\sigma_{ам}$ , которые вводятся в расчет вместо  $\sigma_{0,2}$ . Расчетные сопротивления арматуры, расположенной в растянутой зоне железобетонного элемента, подсчитывают по методике норм:

$$R_a = m_a \xi_n \left( \frac{\bar{\sigma}_{0,2} - 1,64 S}{k_a} \right), \quad (11)$$

причем  $m_a \xi_n \bar{\sigma}_{0,2} < 0,95 \bar{\sigma}_v$ .

Значения коэффициентов безопасности  $k_a$  также находят по СНиП II-21-75, а  $S$  с некоторым запасом принимают равным  $S_{0,2}^{исх}$  (см. таблицу).

Предлагаемый метод расчета дает значения  $R_a$  и  $\sigma_{ам}$  более высокие для напрягаемой арматуры и более низкие для ненапрягаемой, чем СНиП II-21-75. При этом среднее расхождение расчета с опы-

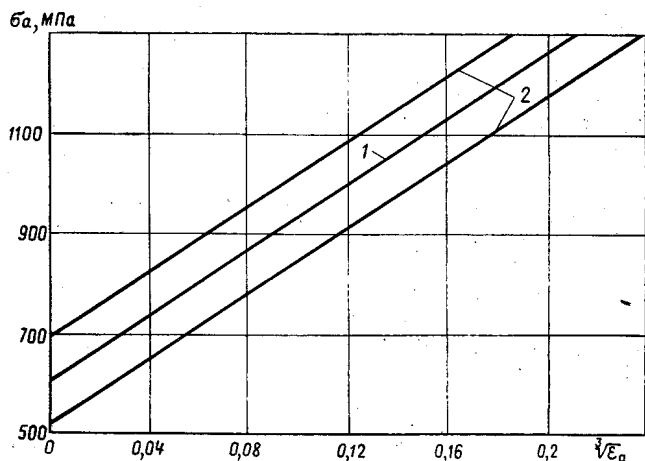


Рис. 1. Диаграмма условно-мгновенных пластических деформаций стали класса At-VI, диаметром 10—18 мм  
1 — средняя статистическая зависимость  $\sigma_a - \epsilon_{ап}$ , отвечающая

формуле  $\epsilon_{ап} = 0,03113 \left( \frac{\sigma_a}{\sigma_{0,2}^{исх}} - 0,6 \right)^3$ ; 2 — границы интервала 90%-ной вероятности

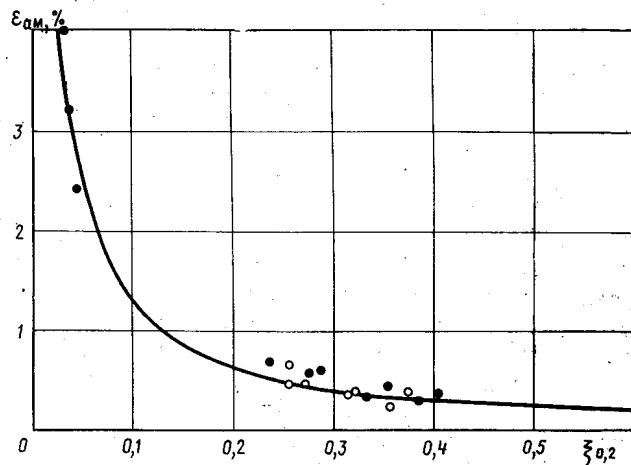


Рис. 2. Зависимость средних предельных деформаций стали класса At-VI, рассчитанная по рассматриваемой методике при  $\sigma_{0,2} \sim 1100$  МПа;  $\eta = 0,8$  и  $\sigma_{0,t} = 600$  МПа ●, ○ — опытные данные; ▲ — случаи разрыва арматуры

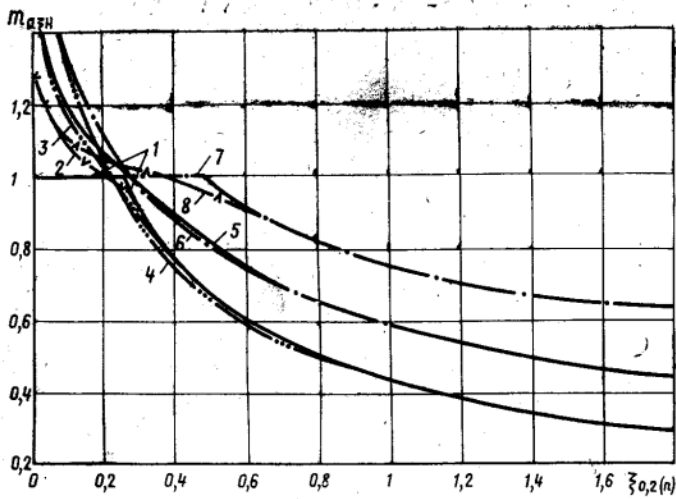


Рис. 3. Теоретические кривые  $m_{a\xi_n} - \xi_{0,2}$  для высокопрочной арматуры классов Вр-II, В-II и К-7  
1-4 -  $\sigma_{0t} = 0$ ; 5, 6 -  $\sigma_{0t} = 560$ ; 7, 8 -  $\sigma_{0t} = 1120$  МПа. 1, 7 -  $\eta = 1$ ; 2, 8 -  $\eta = 0,9$ ; 3, 6 -  $\eta = 0,8$ ; 4, 5 -  $\eta = 0,5$ . 1-6 -  $\sigma_{0,2} = 1500$  МПа; 7, 8 -  $\sigma_{0,2} = 1624$  МПа

том по  $\sigma_{ам}$  и  $M_p$  составляет соответственно +0,4 и +0,68% при предельных ошибках в 90% случаев не более  $\pm 11\%$ .

Одновременно вычисляют деформации растянутой арматуры и средние в зоне изгиба  $\bar{\epsilon}_{ам}$  (см. рис. 2), что позволяет по формуле сопротивления материалов

$$f = \frac{\bar{\epsilon}_{ам} + \bar{\epsilon}_{бм}}{h_0} S l_0 \quad (12)$$

определить предельные деформации изгибаемых элементов в стадии, непосредственно предшествующей разрушению, и оценить предельное состояние конструкции как по прочности, так и по деформациям.

Предлагаемый расчет позволяет находить  $\sigma_{ам}$  в зависимости от различных факторов, что отражается в получаемой зависимости  $m_{a\xi_n} - \xi_{0,2}$  (рис. 3), состоящей из трех основных участков при диаграмме растяжения с условным пределом текучести  $\sigma_{0,2}$  и двух — при физическом пределе текучести  $\sigma_T$  со значительной площадкой текучести (идеально-упругая диаграмма Прантля).

На первом участке при  $m_{a\xi_n} \leq \eta$  — упругая работа стали; в этом случае соотношение  $m_{a\xi_n} - \xi_{0,2}$  определяется в основном величинами  $E_{нач}$  и  $\sigma_{0t}$ . Второй участок характеризует упруго-пластическую работу стали при  $\sigma_{0,2} > \sigma_{ам} > \sigma_{упр}$  или при  $1 > m_{a\xi_n} > \eta$ . При этом основными факторами являются  $\sigma_{0t}$  и упрочняющее влияние преднапряжения в виде повышения  $\eta$  и  $\sigma_{0,2}$ . При идеально-упругой диаграмме, когда  $\sigma_{0,2} = \sigma_T = \sigma_{упр} = \sigma_{в}$ , этого участка нет. Третий участок при  $\sigma_{ам} \geq \sigma_{0,2}$ , или  $m_{a\xi_n} \geq 1$ . Для сталей с идеально-упругой диаграммой он прямолинеен от  $\xi_{0,2} = \xi_{гр}$  до  $\xi_{0,2} = 0$ . Здесь четко отра-

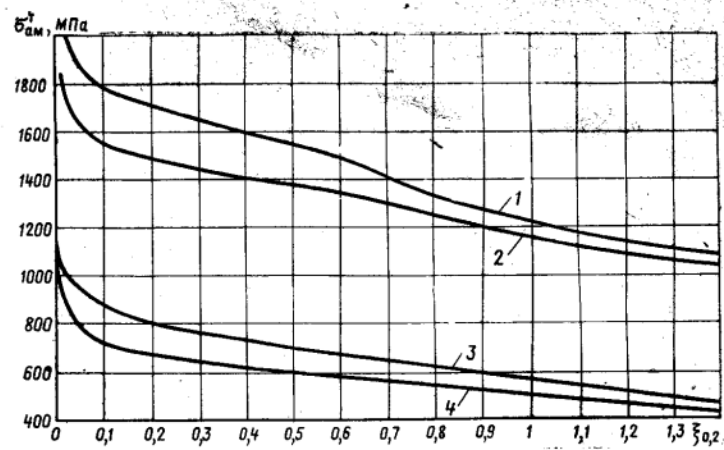


Рис. 4. Влияние величины  $\sigma_{0,2}$  на предельное напряжение в арматуре  
1, 2 -  $\sigma_{0t} = 1120$  МПа;  $\eta = 0,9$ ;  $\sigma_{0,2} = 1624$  (1) и 1400 (2) МПа; 3, 4 -  $\sigma_{0t} = 480$  МПа;  $\eta = 0,8$ ;  $\sigma_{0,2} = 7200$  (3) и 600 (4) МПа

жается справедливость гипотезы Лолейта, служившей долгое время основанием для установления расчетного сопротивления арматуры  $R_a$  при  $\xi_{0,2} \leq \xi_{гр}$  постоянными, независимыми от процента армирования. Для арматурных сталей с условным пределом текучести этот участок криволинеен; остаточное преднапряжение  $\sigma_{0t}$  и параметр  $\eta$  сказываются главным образом на величине  $\xi_{гр}$  ( $\sigma_{ам} = \sigma_{0,2}$ ). Повышение  $\sigma_{0,2}$ , достигнутое в результате преднапряжения, несколько снижает  $\xi_{гр}$ , но приводит к повышению  $\sigma_{ам}$ , пропорциональному увеличению  $\sigma_{0,2}$  (рис. 4).

Таким образом, можно считать доказанным, что упрочнение арматурной стали в результате ее преднапряжения, выражающееся в повышении характеристик сопротивления малым пластическим деформациям и, в частности,  $\sigma_{0,2}$ , приводит к повышению предельного напряжения  $\sigma_{ам}$  в арматуре, пропорциональному  $\sigma_{0,2}$  при  $\xi_{0,2} = \xi_{гр}$ , величина которого при этом ограничивается  $\sigma_{в}$  стали. При  $\xi_{0,2} < \xi_{гр}$  этот эффект постепенно снижается. При  $\xi_{0,2} = \text{const}$  увеличение  $\sigma_{ам}$  вызывает почти пропорциональное увеличение несущей способности изделия. Обычно повышение  $\sigma_{0,2}$  одновременно увеличивает  $\xi_{0,2}$ , которое частично (при  $m_{a\xi_n} > \eta$ ) либо почти полностью (при  $m_{a\xi_n} < \eta$ ) нивелирует увеличение несущей способности. Поэтому эффективной формой практического использования упрочнения стали при ее преднапряжении является сокращение расхода арматуры, расположенной в растянутой зоне, и сохранение постоянной величины  $M_p$ .

Предложенный метод благодаря использованию в нем физических параметров бетона и арматуры можно исполь-

зовать также для оценки изменения несущей способности и предельных деформаций изгибаемых элементов при низких и высоких температурах, динамических нагрузках и в других случаях, когда происходят изменения свойств бетона и арматуры.

#### Выводы

Разработанный метод расчета позволяет на основании физических характеристик бетона и арматуры с требуемой точностью определять несущую способность и деформативность изгибаемых железобетонных элементов по нормальным сечениям в предельном по прочности состоянии и учитывать влияние эффектов преднапряжения.

Использование этой расчетной модели на практике позволяет экономить до 5—10% напрягаемой арматурной стали при условии строгого контроля технологии и величины преднапряжения, что наиболее надежно обеспечивает автоматизация процессов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев С. А. Влияние предварительного напряжения на прочность и жесткость железобетонных конструкций. — В сб. трудов НИИЖБ, вып. 17. М., Госстройиздат, 1960.
2. Дегтярев В. В. Расчет на прочность изгибаемых элементов с учетом характера диаграммы растяжения арматуры. М., ВНИИТС, Минтрансстрой. Сообщение № 143, 1959.
3. Семенов А. И. Предварительно-напряженный железобетон с витой проволочной арматурой. М., Стройиздат, 1976.
4. Мадатян С. А. Повышение механических свойств высокопрочной арматурной стали при предварительном напряжении. — Бетон и железобетон, 1976, № 5.
5. Мулин Н. М., Гуца Ю. П., Мамедов Т. М. Прочность балок и их деформации в стадии, близкой к разрушению. — В кн.: Новое о прочности железобетона. М., Стройиздат, 1977.



## Формы и поддоны-вагонетки с трехточечным опиранием

На заводах ЖБК обычно применяют схемы опирания форм на четыре опоры, расположенные в вершинах прямоугольника (рис. 1). Такие формы имеют принципиальные недостатки. При перемещении их по постам технологической линии рабочая поверхность поддона постоянно изменяется по величине и знаку деформаций. Это обусловлено разными отметками опор и рельсов, а также колебаниями длины ветвей строп для подъема и транспортирования формы. Изменение изогнутой поверхности поддона приводит к появлению в изделиях технологических трещин, поэтому необходимо конструировать поддоны с высокой жесткостью на кручение, при использовании которых полученные изделия имеют допусковую стандартами неплоскостность. Искривления поддона из-за колебаний отметок опор приводят к тому, что изделия твердеют на изогнутом поддоне, что требует повышения металлоемкости форм и их массы.

При определенной разности отметок опор возможно опирание на две точки (диагональное опирание). Это создает необходимость при расчете и конструировании опорных и подъемных устройств принимать нагрузку, равную половине массы формы и изделия. При этом увеличивается масса не только деталей таких устройств, но и оборудования (передаточных тележек, пакетировщиков и т. п.).

Приведенные недостатки обычной схемы опирания свидетельствуют о необходимости других схем, из которых наиболее рационально опирание в трех точках, расположенных в вершинах равнобедренного треугольника (рис. 1, б). Смещение опоры принимается таким, чтобы деформации во всех точках были максимальными. При этом снижается металлоемкость форм и повышается качество железобетонных изделий (по неплоскостности граней, отсутствию или уменьшению числа технологических трещин и т. п.).

СПКТБ Кассетдеталь в содружестве с НИИЖБ сконструировало формы и поддоны-вагонетки на трех опорах. Они

выполнены так же, как и формы с обычной схемой опирания, но с меньшим числом балок коробчатого сечения, так как трехточечное опирание резко снижает деформативность конструкции. Такие формы предназначаются для поточно-агрегатных линий, на которых меняется только расположение опор на отдельных постах.

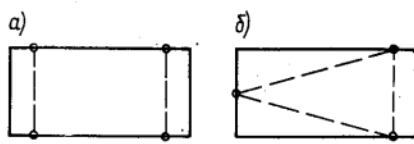


Рис. 1. Схемы расположения опор  
а — в вершинах прямоугольника; б — то же, равнобедренного треугольника

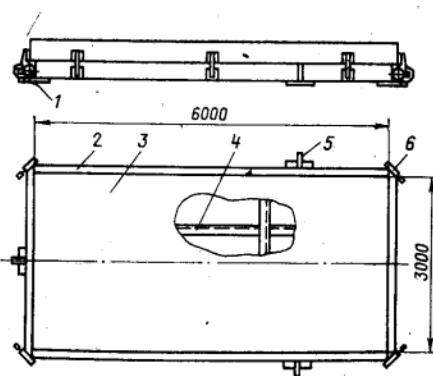


Рис. 2. Общий вид формы с тремя опорами  
1 — опорный лист; 2 — борта; 3 — формирующий лист; 4 — рама поддона; 5 — подъемная петля; 6 — замок

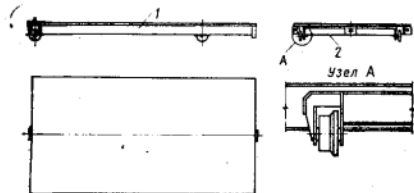


Рис. 3. Общий вид поддона-вагонетки с трехточечной схемой опирания  
1 — поддон-вагонетка; 2 — траверса-баллансир

Еще более просто использовать их на конвейерах с расположением и транспортированием форм на поддоне-вагонетке. В этом случае не нужно приспособлять технологию к новой схеме опирания. Форма на трех опорах не повторяет искривлений обшивки поддона-вагонетки.

К середине 1977 г. было запроектировано восемь форм с тремя опорами для изготовления изделий жилых домов разных серий. Поддон каждой формы выполнен из обшивки толщиной 8 мм и балочной клетки из швеллеров № 16 (рис. 2). Поддоны с трехточечным опиранием на 20—25% легче поддонов с четырьмя опорами благодаря уменьшению числа балок.

Проведенное НИИЖБ испытание поддона формы НС-2-5 на Очаковском заводе ЖБИ ДСК-2 показало, что фактические его деформации близки к расчетным и прогиб свободного угла при загрузке конструкции полной расчетной нагрузкой от собственной массы и массы бетона не превышает 0,8 мм. Поддон не обладает высокой жесткостью на кручение (прогиб свободного угла при диагональном опирании только от собственной массы поддона составил 57,05 мм), форму невозможно эксплуатировать при обычной схеме опирания.

Наибольший интерес из разработанных конструкций представляет поддон-вагонетка с трехточечным опиранием, которая перемещается на четырех колесах по обычным рельсовым путям (рис. 3).

Поддон-вагонетка с габаритными размерами в плане 4250×8200 мм состоит из несущего балочного каркаса, включающего продольные и поперечные швеллеры № 20, и верхней и нижней обшивок толщиной соответственно 8 и 4 мм. В каждой ячейке нижней обшивки для улучшения условий тепловой обработки бетона выполнены отверстия диаметром 500 мм.

Для перемещения по путям конвейера с колеей 2930 мм поддон-вагонетка оснащена четырьмя колесами. Два задних установлены на расстоянии 2410 мм от торца, и оси колес закреплены в бал-

ках несущего каркаса. Два передних колеса объединены поперечной (относительно оси конвейера) балкой, которая в середине насажена на горизонтальную ось, являющуюся третьей точкой опирания поддона-вагонетки. Такая система обеспечивает перемещение поддона-вагонетки по обычным путям конвейера; при этом сохраняются преимущества трехточечного опирания.

Поддон-вагонетка рассчитана по методике НИИЖБ и запроектирована с учетом того, что трехточечное опирание уменьшает расчетные деформации. Масса ее составляет 5050 кг, а других поддонов-вагонеток, эксплуатируемых на конвейере, 7700 кг. При одинаковой толщине верхней и нижней обшивок поддон с трехточечным опиранием на 20% легче обычного.

Перед эксплуатацией поддона-вагонетки определяли жесткость конструкции на изгиб и кручение, а также прогиб свободного угла при трехточечном опирании. Фактические жесткости оказались близки к расчетным, а прогиб свободного угла от собственной массы поддона-вагонетки составил 0,6 мм.

На поддоне-вагонетке закрепляются формообразующие элементы с устройствами для сборки и распалубки. Можно также устанавливать одну или две формы для изготовления стеновых панелей или других изделий. В этом случае поддон-вагонетка выполняет только транспортные функции.

На Очаковском заводе ЖБИ ДСК-2 опытную поддон-вагонетку эксплуатируют на конвейере с уплотнением бетонной смеси поверхностным виброустройством. Поддон-вагонетка с установленной на ней формой предназначена для изготовления двухмодульной стеновой панели, масса которой вместе с изделием равна примерно 10 т. Форма с ограниченной жесткостью на кручение опирается на поддон-вагонетку во многих точках, и, поскольку поддон-вагонетка при перемещении по постам технологической линии не деформируется, то искривление рабочей поверхности поддона формы также исключается.

Эксплуатация в течение шести месяцев показала надежность конструкции поддона-вагонетки, а также отсутствие прироста начальных искривлений рабочей поверхности. В дальнейшем можно заменить весь парк поддонов-вагонеток на технологических линиях такими конструкциями, а также внедрить их на других линиях и предприятиях. На Карачаровском механическом заводе изготавлиется партия из десяти поддонов-вагонеток с трехточечной системой опирания.

## Теория

Д-р техн. наук, проф. А. П. КУДЗИС, инж. А.-И. И. НОТКУС  
(Вильнюсский инженерно-строительный ин-т)

УДК 691.327:539.3/4

## О погрешностях двухосных испытаний бетона

Несовершенство методики отдельных испытаний способствовало появлению весьма противоречивых сведений о прочности бетона, работающего в условиях плоского напряженного состояния. Некоторые типичные недостатки двухосных испытаний были выявлены при теоретическом анализе условий эксперимента и состояния образцов.

Вероятное напряженно-деформированное состояние образцов определяли расчетом комплексных систем, включающих прокладки, плиты прессов и развитые концевые участки образцов, не предназначенные для исследования. Условия испытаний моделировали в расчетах, которые проводили на ЭВМ «Минск-22», с использованием метода конечных элементов, а в некоторых случаях (для контроля) — метода конечных разностей. Большинство решений получено в плоской упругой постановке. Лишь часть задач с целью проверки достаточности плоских упругих решений для получения выводов об однородности напряженного состояния образцов решена с учетом перераспределения усилий вследствие нелинейности деформирования бетона [1] и образования трещин, или в объемной постановке.

Напряжения, возникающие из-за несовершенства методики испытаний и искажающие предполагаемое однородное напряженное состояние образцов, были названы дополнительными и разделены на типы, между которыми не всегда существуют четкие границы. Это позволило выделить не учтенные в опытах погрешности.

Дополнительные напряжения первого типа возникают вследствие различных деформативных свойств образцов, прокладок и плит прессов и наличия сил контактного трения или сцепления, оказывающих поперечное сжимающее (эффект обоймы) или растягивающее влияние на образец. Для устранения этих напряжений в практике экспериментирования используют цельные и прерыви-

стые прокладки, металлические щеточные штампы, различные смазки.

Как показали исследования (рис. 1), применение прокладок или их сочетаний без смазки не дает удовлетворительных результатов. Дополнительные напряжения отсутствуют лишь в тех случаях, когда характеристики прокладок  $E_p, \mu_p$  и образца  $E_b, \mu_b$  одинаковы или когда сочетание их таково, что поперечные деформации прокладок и образца под нагрузкой равны. Но такие прокладки сильно искажают напряженное состояние образцов при двухосных испытаниях. Используя прокладки и смазку (комплекс-

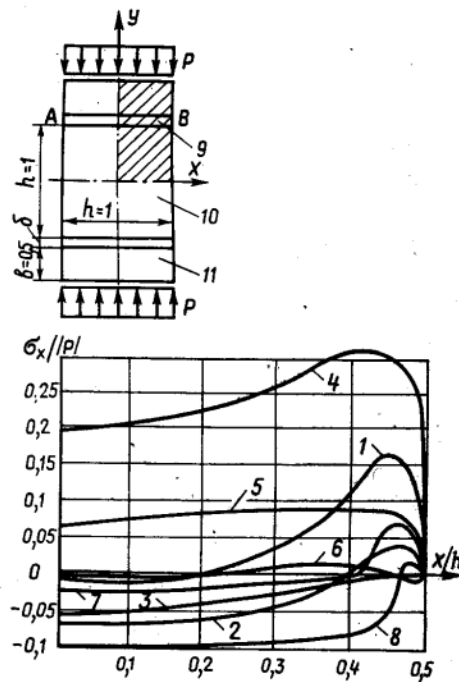


Рис. 1. Распределение дополнительных напряжений  $\sigma_x$  в бетонном образце по контактной с прокладкой линии АВ

1—3— $\delta=0,1$ , при  $E_p/E_b$  соответственно равных 0,1; 0,5 и 1; 4—6— $\delta=0,5$ ;  $E_p/E_b$  то же; 7, 8— $\delta=0,015$  при  $E_p/E_b$  равных 0,01 и 0,1; 9—прокладка,  $E_p = \text{const}$ ; 10—бетонный образец,  $E_b=1$ ; 11—плита пресса,  $E=8$ .

ные средства), можно получить лучшие результаты, хотя при этом затруднен контроль отсутствия дополнительных напряжений. Искажения, малоощутимые при одноосном нагружении, могут оказывать существенное влияние на прочность образцов при двухосном нагружении, особенно, если одно из них — растягивающее. Не дают существенного улучшения и прерывистые прокладки.

Для выявления характера влияния металлических щеточных штампов на напряженное состояние образцов провели специальные расчеты. В первом случае исследовали напряженное состояние в одноосно сжатой комплексной системе, состоящей из образца и металлических щеток, по размерам близких к использованным в опытах [2]; во втором — при достаточно густой расчетной сетке изучали распределение напряжений в поверхностном слое образца под зубом щетки. Результаты свидетельствуют о том, что значительные искажения однородного напряженного состояния образцов проявляются лишь в поверхностном слое, не превышающем по толщине ширины зуба щетки. Ниже этой зоны концентрации напряжений действуют несущественные сжимающие напряжения, уменьшающиеся до нулевых значений при приближении к центру образцов. Суммарное влияние всех дополнительных напряжений на прочность образцов должно быть незначительным, следовательно, результаты исследований [2] можно считать надежными.

Дополнительные напряжения второго типа появляются из-за совместной работы образца и вспомогательных элементов, которые воспринимают часть внешней нагрузки. Это искажает напряженное состояние в образце или исследуемой его части. На рис. 2,а приведены весьма распространенная схема и эпюры напряжений, возникающие в образце призматической формы при одноосном местном сжатии, в случае когда контактное трение устранено. Кроме неравномерно распределенных сжимающих напряжений  $\sigma_y$ , появляются и дополнительные напряжения  $\sigma_x$ , которые в средней части образца являются растягивающими и достигают величины  $\sim 0,15 P$ . Максимальное значение  $\sigma_x^{\text{макс}}$  — в сечениях, расстоянии которых от места приложения нагрузки составляет  $\sim 0,5$  высоты образца. При длине нагружения, в 2 раза превышающей высоту сечения, растягивающие напряжения в центральной части образца уменьшаются до  $0,02 P$ , а максимальные — до  $0,08 P$ . Проведенный расчет с учетом нелинейности деформирования бетона по методике [1] показал, что очертание эпюры

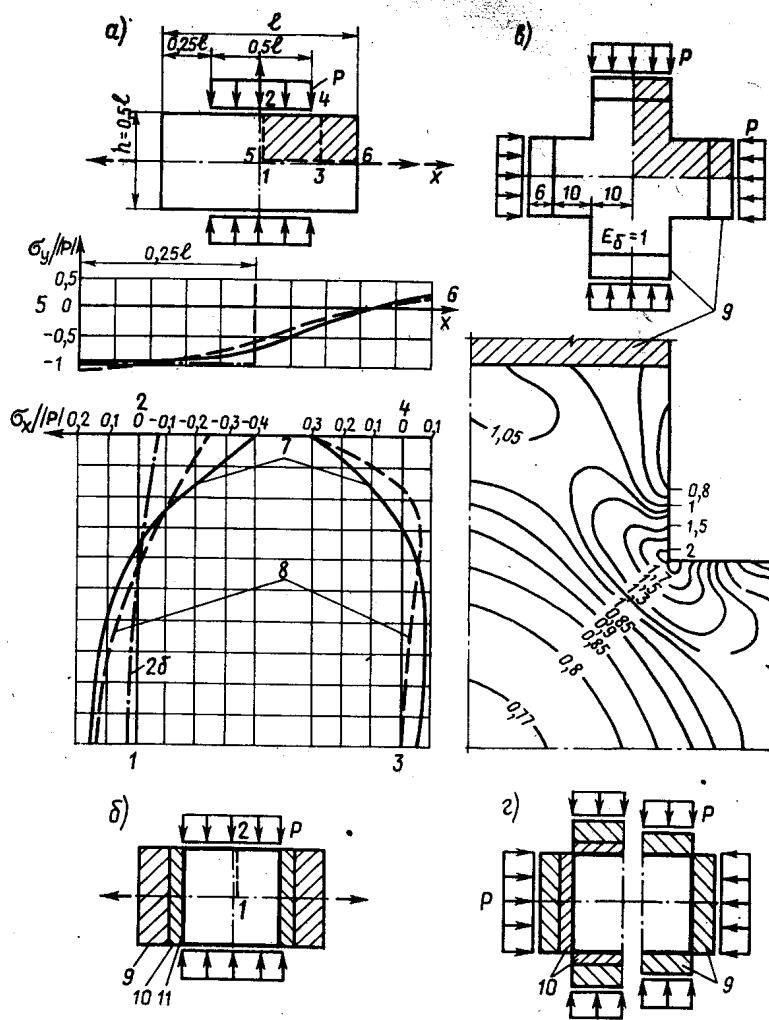


Рис. 2. Эпюры напряжений в сечениях призмы (а) и кубика (б) при их одноосном сжатии с устранением трения; изобары напряжений в двухосно сжатом упругом крестообразном образце (в); схемы испытаний, при которых проявляются дополнительные напряжения I—III типов (г); 7 — бетон; 8 — упругий материал; 9 — плита прессы,  $E_D=8$ ; 10 — прокладка; 11 — клей, соединяющий плиту прессы с образцом

напряжений  $\sigma_y$  в значительной степени выравнивается, а растягивающие напряжения  $\sigma_x$  почти не изменяются. Расчет в предположении наличия нормальной трещины в зоне точки 4 дал аналогичные результаты. Следовательно, при двухосном нагружении, когда во втором направлении действует растягивающая нагрузка, дополнительные напряжения  $\sigma_x$  суммируются с основными и существенно влияют на прочность образцов. В работе [3] была принята схема испытаний, позволяющая в значительной степени уменьшить искажения напряженного состояния второго типа (см. рис. 2,а,б).

Дополнительные напряжения третьего типа вызваны сложной конфигурацией образца или образованием ее в результате включения в совместную работу с ним прокладок, плит прессов и других вспомогательных элементов. Для этого случая характерно появление зон резкой концентрации напряжений. В целом напряжения распределяются весьма нерав-

номерно, о чем свидетельствует приведенное на рис. 2,в напряженное состояние двухосно сжатого упругого крестообразного образца. Аналогичное напряженное состояние возникает и в случае нагружения образца по схеме рис. 2,г. В образцах призматической или восьмеркообразной формы напряжения концентрируются в зонах, близких к концевым участкам нагрузки.

Дополнительные напряжения четвертого типа возникают при испытании трубчатых образцов под воздействием торцовых частей, имеющих обычно утолщения, металлические обоймы и т. п. Внутреннее радиальное давление, как правило, прикладывает не по всей длине труб, а только на некоторой их средней части. При этом из-за местного продольного изгиба стенок у концевых зон радиального давления должны появиться дополнительные осевые  $\sigma_{2m}$  и тангенциальные  $\sigma_{\theta m}$  напряжения, которые могут существенно повлиять на прочность об-

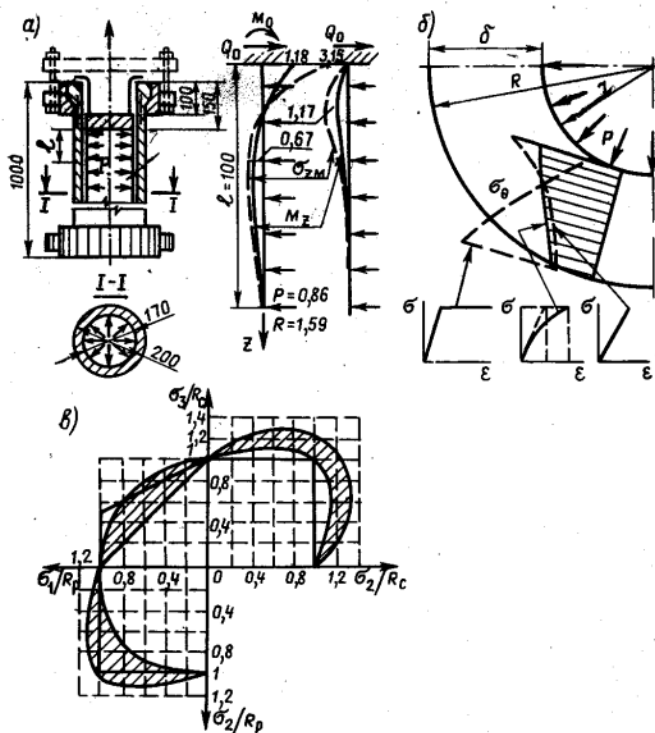


Рис. 3. Вид исследованных образцов [4] и эпюры местных изгибающих моментов  $M_z$ , а также осевых напряжений  $\sigma_{zM}$  при жестком и шарнирном закреплении торцов труб (а); эпюры напряжений  $\sigma_\theta$  в трубах из идеально упруго-пластического, неупругого (бетон) и упругого материалов (б); наиболее вероятные зоны распределения прочности бетона марок М 200—500 при двухосном простом нагружении (в)  
/ — резиновый мешок

разцов при испытании на двухосное растяжение.

Для примера с использованием гиперболо-круговых функций Крылова определили дополнительные изгибающие моменты  $M_z$  и осевые напряжения  $\sigma_{zM}$  в стенках труб [4] от внутреннего радиального давления  $P$ , вызывающего тангенциальные напряжения  $\sigma_{\theta ср} = R_p$  (рис. 3,а). Фактическое распределение и значения величин  $M_z$  и  $\sigma_{zM}$  в опытах [4], очевидно, несколько иные, так как заделка у концевых зон радиального давления не была абсолютно жесткой или шарнирной. Однако по сравнению с прочностью бетона на растяжение  $R_p = 1,59$  МПа расчетные значения  $\sigma_{zM}$  настолько велики, что вызывает сомнения приведенный в [4] вывод о том, что прочность бетона при двухосном растяжении значительно снижается.

К недостаткам двухосных испытаний бетона относится игнорирование так называемого масштабного фактора, прочностной анизотропии бетона образцов, потеря энергии в системах нагрузки, неравномерной передачи усилий на образцы вследствие несовершенства оборудования и т. п. К неправильной интерпретации результатов испытаний могут при-

вести также погрешности, допущенные при оценке напряженного состояния и характера разрушения образцов.

Ограничившись упругим решением задачи о напряженном состоянии бетонной трубы, нагруженной радиальным давлением  $P_{оп}^{разр} = 1$  МПа, в работе [5] приняли, что разрушающими являются напряжения на наружной поверхности  $\sigma_\theta^{нар} = 1,82$  МПа, несмотря на то, что на внутренней по расчету они получились больше  $\sigma_\theta^{вн} = 2,83$  МПа. Объяснялось это тем, что наружные слои труб как бы подпирают внутренние кольца. Поэтому прочность бетона при двухосном растяжении значительно снижается:

$$\sigma_\theta^{нар}/R_p = 1,82/2,4 = 0,76.$$

Подобный упрощенный подход к решению достаточно сложной задачи, по нашему мнению, не правомерен. По теории упругости разрушающими будут напряжения на внутренней, а по теории пластичности — на наружной поверхности труб (см. рис. 3,б). Однако в трубах из пластичного и упругого материалов совершенно различное распределение напряжений в предельной стадии. Эпюры напряжений  $\sigma_\theta$  для труб из материалов

типа бетона построили на основании расчета по методике [1] и по известному в теории пластичности решению для упруго-пластического материала, упрочнение которого описывается степенной функцией (нисходящую часть кривой  $\sigma - \epsilon$  не учитывали). При этом получили, что  $\sigma_\theta^{макс}/R_p = 2,6/2,4 = 1,1$  (первый расчет) и  $P_{оп}^{разр}/P_{расч}^{пред} = 1/0,82 = 1,2$  (второй расчет). Следовательно, по результатам испытаний [5] нельзя утверждать о снижении прочности бетона при двухосном растяжении. На основе анализа обширного экспериментального материала были получены наиболее вероятные зоны прочности бетона при плоском напряженном состоянии (см. рис. 3,в).

## Вывод

Различные погрешности, допущенные при осуществлении или анализе плоского напряженного состояния образцов, могут существенно повлиять на результаты испытаний и создать ложные представления о прочности бетона. Лишь тщательный теоретико-экспериментальный анализ условий испытаний и вероятного напряженного состояния образцов может дать ответ о надежности результатов эксперимента.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ноткус А. И. И., Кудзис А. П. О применении теории малых упруго-пластических деформаций и теоретическом обосновании условия прочности бетона. — В сб. трудов Вильнюсского инженерно-строительного института, 1977, № 8.
2. Kupfer H. Das Verhalten des Betons unter zweiaxialer Beanspruchung. Internationales Kolloquium «Festigkeitsprobleme des Betons». Dresden, 1968. Klls. Z. Techn. Univers., Dresden 17 (1968) H. 6.
3. Гвоздев А. А., Бич П. М. Прочность бетонов при двухосном напряженном состоянии. — Бетон и железобетон, 1974, № 7.
4. Ухов Г. В. Некоторые вопросы прочности бетона при двухосном растяжении. — В сб. Ин-та строительства и архитектуры АН ЛатвССР, т. VI, Рига, 1961.
5. Гончаров И. Г. Прочность каменных материалов в условиях различных напряженных состояний. М.—Л., Госстройиздат, 1960.

## Вышли в свет

- Хромец Ю. Н. Промышленные здания из легких конструкций. М., Стройиздат, 1978. 176 с., 15000 экз., 60 к.
- Цветков В. В. Тепловая обработка изделий на заводах сборного железобетона. Киев, Будівельник, 1978. 110 с. (Б-ка строителя. Серия «Техн. прогресс»), 5000 экз., 70 к.

## Решение задачи о монолитности слоистой системы

Отделочный слой наносят на наружные и внутренние ограждения жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений. Для этого используют бетоны или растворы, которые могут быть тяжелыми и легкими (поризованными или крупнопористыми), на плотных или пористых заполнителях. В ряде случаев такой слой наносят при изготовлении крупноблочных деталей и конструкций в заводских условиях.

К настоящему времени общая схема решения задачи о монолитности отделочного слоя уточнена (рис. 1) с учетом эксплуатационных условий и параметров, влияющих на предельную растяжимость материалов, составляющих слоистую систему. Для решения задачи необходимо определить разность деформаций (усадок) слоя и основания ( $\epsilon$ ), а также предельную растяжимость слоя  $\epsilon_{пр}$  в изделии.

С ростом усадки отделочного слоя возможны следующие виды нарушения его монолитности: при  $\epsilon \leq \epsilon_{пр}$  может произойти отслоение, при  $\epsilon > \epsilon_{пр}$  наступит растрескивание. В любом случае для предотвращения нарушения монолитности необходимо назначить меры по сближению величин конечной усадки и предельной растяжимости, а в случае отслоения — по дополнительному увеличению прочности сцепления слоя с основанием.

Особенностью прогноза монолитности отделочного слоя для случая, когда заданы климатические условия и характеристики применяемых материалов [1], являлось условие постоянства предельной растяжимости материала слоя ( $\epsilon_{пр} = 0,6$  мм/м). Усадка определялась расчетным методом.

Одной из мер по регулированию величин усадки и предельной растяжимости может быть варьирование структурных характеристик. Для конкретных эксплуатационных условий при постоянстве характеристик материалов свойства слоя и основания будут зависеть от объемной концентрации цементного теста  $C$  и от истинного водоцементного отношения  $W$ , что может быть выражено двухфакторной моделью [2].

Авторы экспериментально определили зависимость некоторых свойств раствора отделочного слоя от  $C$  и  $W$  в условиях сухого жаркого климата, моделируемого высушиванием при температуре  $+50^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха 30%. Для приготовления растворной смеси использовали характерные для районов Центрального Казахстана белый цемент Сас-Тюбинского завода и песок Токаревского карьера.

Выяснилось, что подвижность смеси (по конусу СтройЦНИЛа, см) растет при увеличении  $C$  и  $W$  по следующей зависимости:

$$P = 7,63 - 13,12 C - 46,86 W - 25,96 C^2 + 135,99 C W + 36,35 W^2. \quad (1a)$$

Прочность на растяжение при изгибе ( $1 \cdot 10^{-1}$  МПа) изменялась:

$$R_{из} = 18,36 + 399,89 C - 204,02 W - 432,89 C^2 - 74,87 C W + 131,41 W^2. \quad (16)$$

Принимая во внимание, что высыхание и усадка более толстого основания, находящегося под отделочным слоем, происходят в несколько раз медленнее и учитывая, что при этом уменьшается ве-

личина  $\epsilon$ , можно пренебречь усадкой основания и ограничиться лишь определенным усадкой отделочного слоя.

Усадку определяли на образцах-кольцах внутренним диаметром 0,1 м и высотой 0,05 м. Внешний диаметр назначался в зависимости от толщины слоя (например, при толщине слоя 0,1 м он составлял 0,12 м). С внешней стороны колец через равные промежутки заформовали четыре пары реперов таким образом, чтобы каждая пара находилась на оси, проходящей через центр кольца. Усадку вычисляли по формуле

$$\epsilon = \frac{a_1 - a_2}{D}, \quad (2)$$

где  $a_1$  — отсчет по шкале тензомера к началу высушивания, мм;

$a_2$  — отсчет по шкале тензомера в момент определения усадки, мм;

$D$  — средний диаметр образца-кольца, мм.

Величина усадки к окончанию высыхания равна, мм/мм:

$$\epsilon \cdot 10^6 = 43,1 + 30,77 C + 87,04 W + 387,89 C W - 356,62 W^2. \quad (1b)$$

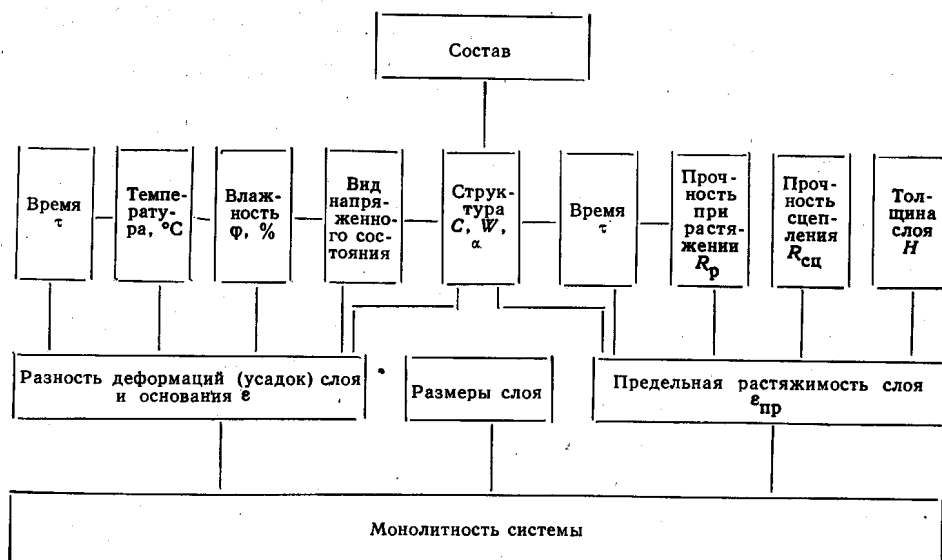


Рис. 1. Логическая схема решения задачи о монолитности слоистой системы

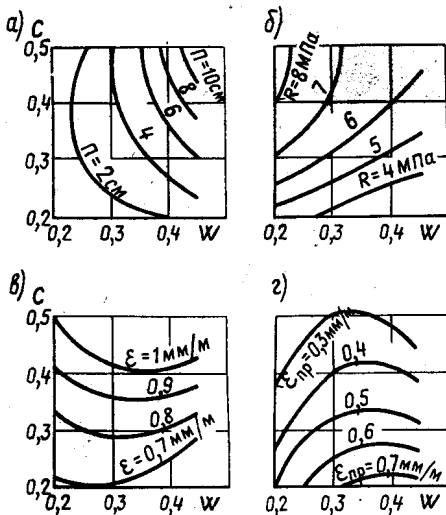


Рис. 2. Линии уровней свойств раствора отделочного слоя  
 а — при  $P=f_1(C, W)$ ; б — при  $R_{изг}=f_2(C, W)$ ;  
 в — при  $\epsilon=f_3(C, W)$ ; г — при  $\epsilon_{пр}=f_4(C, W)$

Предельную растяжимость слоя определяли на образцах-кольцах по методике, согласно которой напряжения, приводящие к трещинообразованию, вызывались усадкой самих образцов. Это позволило определить предельную растяжимость слоя в ранние сроки, в моменты образования дефектов в системе. Сцепление слоя с основанием в образцах равнялось прочности на растяжение материала, т. е. 2,2 МПа. Толщина слоя составляла 0,01 м.

Выяснилось, что в начальные сроки твердения растворного слоя предельная растяжимость значительно уменьшается с увеличением объемной концентрации цементного теста, что можно объяснить, вероятно, большей склонностью менее прочных растворов к пластическому те-

чению под нагрузкой. Эту зависимость можно представить в виде (мм/мм):

$$\epsilon_{пр} \cdot 10^5 = -9,56 - 140,52 C + 591,78 W + 138,67 C^2 - 275,93 C W - 674,36 W^2. \quad (1r)$$

Зависимости (1a)–(1r) являются уравнениями регрессии, полученными после реализации плана Кифера [3]. Статистическая обработка показала, что все коэффициенты уравнений значимы; уравнения адекватно представляют результаты экспериментов. По зависимостям (1a)–(1r) построены линии уровней (рис. 2).

Для нахождения составов с проектируемыми свойствами необходимо графически или аналитически решить систему двух уравнений, подобных представленным выше. В частности, для графического решения разработана номограмма структур, включающая характеристики  $C, W$ , а также параметры пустотности заполнителя  $\alpha_k$  и коэффициент раздвижки его зерен  $K_{разд}$ . Последние связаны с объемной концентрацией заполнителя следующим образом:

$$S = 1 - \alpha_k K_{разд}. \quad (3)$$

В номограмме (рис. 3)  $S$  и  $P$  — объемные концентрации заполнителей двух видов (соответственно крупного и мелкого, основного и наполнителя, грубодисперсного и тонкомолотого и т. п.). Левая часть номограммы представляет собой равнобедренный прямоугольный треугольник, каждая из вершин которого соответствует 100%-ному содержанию какого-либо компонента, входящего в состав раствора или бетона: объемной концентрации цементного теста и двух заполнителей. Каждая из сторон треугольника является геометрическим местом точек соответствующих бинарных составов. Внутри треугольника располага-

ются все трехчленные составы бетонов или растворов на основе цемента.

Против вершины, соответствующей объемной концентрации цементного теста  $C$ , располагаются линии с убывающим значением  $S$ , отвечающие уравнению (3) и построенные для значений  $S$  от 0,1 до 1 с интервалом 0,1. Номограмма спроектирована таким образом, чтобы все линии вписались в треугольную диаграмму и выполняли одновременно две функции: связывали  $S, \alpha_k, K_{разд}$  и указывали объемную концентрацию цементного теста в двух- и трехкомпонентных составах.

Против оставшихся двух вершин предполагаются линии с убывающей концентрацией компонента, указанного на рассматриваемой вершине. Так, например, состав с объемной концентрацией цементного теста  $C=0,6$ , одного из заполнителей  $S=0,3$  и другого заполнителя  $P=0,1$  будет изображен на треугольной диаграмме точкой А.

Структурные характеристики и параметры  $\alpha_k$  и  $K_{разд}$  жестко связаны между собой. Например, при пустотности заполнителя  $\alpha_k=0,3$  и  $K_{разд}=1$  объемная концентрация крупного заполнителя составит 0,7, а в случае бинарного состава раствора объемная концентрация цементного теста составит 0,3. При  $\alpha_k=0,5$  и  $K_{разд}=1,2$  находим объемную концентрацию крупного заполнителя, равную 0,4; при заданной объемной концентрации цементного теста, например  $C=0,3$ , объемная концентрация мелкого заполнителя  $P$  составит 0,3.

Поле  $C-W$  правой части номограммы является своеобразной матрицей, на которую накладывают уравнения, описывающие свойства бетонов и растворов.

Пример. Требуется спроектировать состав растворной смеси подвижностью  $P=4$  см и предельной растяжимостью слоя  $\epsilon_{пр}=0,3$  мм/м. Точка пересечения указанных изолиний характеризует состав с  $W=0,27$  и  $C=0,49$ . Поскольку состав бинарный, объемную концентрацию заполнителя отыскиваем на соответствующей стороне треугольной диаграммы ( $S=0,51$ ). Дальнейшим построением от значения пустотности  $\alpha_k=0,43$ , полученного опытным путем, определим  $K_{разд}=1,14$ .

Для случая когда необходимо спроектировать трещиностойкое отделочное покрытие, на поле  $C-W$  переносим изолинии, построенные по уравнениям (1в) и (1г), т. е. совмещаем графики в и г (см. рис. 2). Слой будет трещиностойким лишь в том случае, если составы соответствуют структурным характеристикам, найденным по точкам пересечения равнозначных изолиний (в нашем примере это

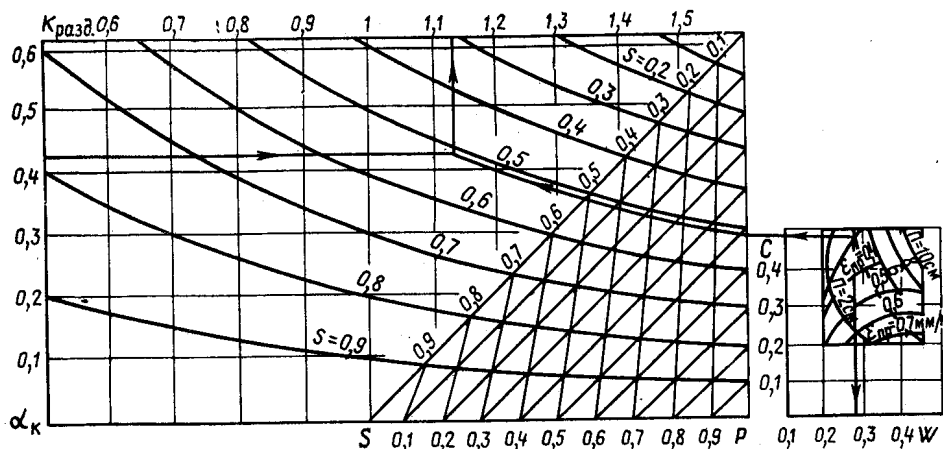


Рис. 3. Номограмма «состав — структура — свойства»

изолинии с  $\epsilon=0,7$  мм/м и с  $\epsilon_{пр}=0,7$  мм/м). После нахождения  $C$  и  $W$  дальнейшее решение аналогично приведенному выше примеру.

Если в пределах варьирования параметров  $C$  и  $W$  не найдется равнозначных изолиний усадки и предельной растяжимости, необходимо изменить какой-либо из параметров, влияющих на усадку или предельную растяжимость (см. рис. 1), с тем, чтобы снизить усадку или повысить предельную растяжимость.

#### Выводы

Описанная методика упрощает процесс подбора составов с заданными свойствами. Основные затраты, связанные с получением уравнений регрессии, не только могут быть снижены при использовании ЭВМ для статистического анализа, но и окупятся многократно, так как при достаточной стабильности характеристик материалов и технологических условий полученные уравнения могут служить длительное время.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горчаков Г. И., Михайловский В. П., Пименов А. Т. Прогноз монолитности отделочного слоя. — Бетон и железобетон, 1977, № 4.
2. Горчаков Г. И. и др. Состав, структура и свойства цементных бетонов. — М.: Стройиздат, 1976.
3. Методические рекомендации по планированию эксперимента в технологии строительных материалов. Уралнистромпроект. — Челябинск, 1973.

#### Вышли в свет:

- Глуховский В. Д. и Пахомов З. А. Шлакощелочные цементы и бетоны. Киев, Будівельник, 1978. 184 с., 5000 экз. 55 к.
- Долговечность строительных конструкций и материалов. Под ред. И. А. Рохлина и Ю. Д. Кузнецова. Киев, Будівельник, 1978. 78 с., 5000 экз., 40 к.
- Дыховичный А. А. Статически неопределимые железобетонные конструкции. Киев, Будівельник, 1978. 108 с., 0000 экз., 35 к.

## Вопросы экономики

Канд. техн. наук Я. Р. БЕССЕР

УДК 693.547.3.003.1

### Технико-экономические показатели зимнего бетонирования

Многолетний производственный опыт выявил два основных направления при выполнении бетонных работ в зимнее время: безобогревное бетонирование с использованием различных противоморозных добавок и термическая обработка, при которой бетон выдерживают при положительной температуре до достижения критической прочности, после чего его замораживание становится не опасным, так как не изменяет основные физико-механические свойства материала. Термические способы обработки бетона можно подразделить на четыре группы: термосное выдерживание (обычный термос и термосное выдерживание предварительно электроразогретой смеси — «горячий термос»); электротермическая обработка; паропрогрев; выдерживание в тепляках.

Утвержденные Госстроем СССР «Временные нормы дополнительных затрат при производстве строительно-монтажных работ в зимнее время» (ВНДЗ-69) определяют удорожание этих работ в процентах от их стоимости в летнее время с учетом климатической зоны. Согласно нормативам, для условий Москвы 1 м<sup>3</sup> бетона фундаментов обходится на

2,5 р. дороже, чем в летнее время, а для других конструкций — от 15 до 20 р. независимо от принятого метода выдерживания бетона. Такой способ определения удорожания не применим для составления производственных калькуляций, определяющих выбор наиболее экономичного метода зимнего бетонирования в конкретных условиях строительства.

Опубликованные в литературе данные о применении различных методов зимнего бетонирования зачастую не могут быть практически использованы, так как у разных авторов технико-экономические показатели отличаются иногда в несколько раз. Сравнение основных технико-экономических показателей различных методов зимнего бетонирования дается в табл. 1.

Приведенные в таблице данные [1] определены для конструкций со средним модулем поверхности  $M_n=4$ , температуре наружного воздуха — 18°C, при условии достижения бетоном к моменту замерзания 50%-ной марочной прочности при его термической обработке и использовании поташа для безобогревного бетонирования; примерно те же

Таблица 1

Методы зимнего бетонирования	Показатели на 1 м <sup>3</sup> бетона			Источники получения данных
	стоимость, р/%	трудозатраты, чел.-ч/%	расход электроэнергии, кВт-ч/%	
Электропрогрев стержневыми электродами	3,95/100 2,4/100 9,5/100	2,28/100 2,1/100 4/100	38/100 40/100 75/100	[1] [2] По данным автора
Термос	3/78 2,4/100	1,44/63 2,3/110	— —	[1] [2]
Термосное выдерживание с предварительным электроразогревом смеси	1,03/27 1,7/71 5,3/56	0,68/30 2,2/105 1/25	29,2/77 28/70 30/40	[1] [2] По данным автора
Безобогревное бетонирование	5,79/150 5,4/57	0,68/30 0,13/3	— —	[1] По данным автора

исходные данные приняты в работе [2]. Автором цифры определены при проведении исследований по горячему термосу (предварительному электропрогреву бетонной смеси) и безобогревному бетонированию с использованием нитрита натрия для конструкций с  $M_{п}=8$  и при температуре наружного воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Комплексный технико-экономический анализ наряду с технологической и экономической оценкой должен учитывать: облегчение условий труда, улучшение безопасности работ, повышение уровня их механизации и автоматизации [2]. Технологическая оценка включает в первую очередь надежность и простоту производства работ, гарантирующие требуемую прочность и долговечность бетона. С этой позиции предпочтение следует отдать наиболее простым для производства методам термоса и безобогревному бетонированию, при которых наиболее вероятно получение качественного бетона. Особенно высокой технологичностью и надежностью, по нашему мнению, обладает безобогревный метод бетонирования.

В отдельных случаях технологические условия, присущие конкретному строительству, могут определять выбор метода зимнего бетонирования — в частности, решающую роль играет наличие или отсутствие энергоресурсов, соответствующих химикатов (противоморозных добавок), оборудования для электропрогрева бетонной смеси, утепляющих материалов и т. п. Существенным моментом может также являться необходимость достижения высокой ранней прочности бетона, например не менее 50% его проектной марки в возрасте 2—3 сут, что возможно только при применении электропрогрева или индукционного нагрева. Использование стальной неутепленной или сетчатой опалубки практически определяет выбор безобогревного метода бетонирования или, при наличии каркасных конструкций, индукционного нагрева.

При рассмотренных выше обстоятельствах выбор метода диктуют технологические факторы, а не экономические показатели. В тех же случаях, когда технология позволяет использовать различные методы зимнего бетонирования, определяющим условием являются технико-экономические показатели, и наиболее существенные из них — стоимость и трудозатраты на  $1 \text{ м}^3$  бетона. Разброс этих показателей у разных авторов (см. табл. 1) объясняется отсутствием четкого перечня факторов, которые необходимо учитывать.

Для получения сопоставимых технико-экономических показателей следует не-

Виды затрат на $100 \text{ м}^3$ бетона* и наименование работ	Конструкции тонкостенные		Конструкции массивные	
	электропрогрев стержневыми электродами	горячий термос	электропрогрев стержневыми электродами	горячий термос
Амортизация оборудования, стоимость проводов, электродов и электроэнергии, р.	297,55	90,91	273,52	90,91
Установка и подключение: электродов, бадей				
р. чел.-дн.	147,38 33,1	37,25 12,28	77,96 16,95	37,25 12,28
Дежурство при электропрогреве бетона:				
р. чел.-дн.	148,07 33,95	—	148,07 33,95	—
Стоимость опалубки, р.	773,3	386,65	386,65	386,65
Накладные расходы, р.	84,57	14,07	64,45	14,07
Всего:				
р. чел.-дн.	1450,9 67	603,4 12,3	950,7 50,9	528,9 12,3

\* Без учета затрат, одинаковых для всех методов.

применно учитывать модуль поверхности конструкции; температуру наружного воздуха; расход, вид и сорт цемента, а для термической обработки бетона — требуемую прочность к моменту его замораживания. Необходимо также принимать во внимание общий объем уложенного бетона и принятый темп бетонирования, а также стоимость специального оборудования (например, при электропрогреве — трансформаторов, при горячем термосе — бадей и пульта управления электропрогревом и т. д.).

В технико-экономический расчет необходимо включать также следующие факторы, оказывающие большое влияние на конечные результаты: оборачиваемость опалубки; стоимость устройства паро- и теплоизоляции; зарплату дежурному персоналу; стоимость временных устройств для укладки и выдерживания бетона и подогрева составляющих бетонной смеси; расход энергоресурсов. Рассмотрим и определим наиболее характерные значения перечисленных факторов на конечные технико-экономические показатели зимнего бетонирования применительно к объектам Главмосстроя.

Для всех методов, кроме электропрогрева стержневыми электродами, оборачиваемость опалубки при зимнем бетонировании принимают такую же, как и для летних условий. Обычно учитывают четырехкратную оборачиваемость деревянной опалубки. Для конструкций, прогреваемых стержневыми электродами, проходящими через опалубку (колонны, стены, высокие балки и т. п.), возможна только двукратная ее оборачиваемость.

Паро- и теплоизоляцию необходимо учитывать при всех методах, но в различной степени. При безобогревном бетонировании достаточна пароизоляция слоем толя, пергамина и другого материала по открытой неопалубленной поверхности бетона. При электропрогреве, индукционном нагреве и горячем термосе открытые бетонные поверхности следует укрывать паротеплоизоляционным слоем, коэффициент теплопередачи которого не ниже, чем опалубки. При термосном выдерживании степень утепления опалубки и бетона определяют расчетом и, как правило, выполнение этого утепления составляет основную часть удорожания и дополнительных трудозатрат. Оборачиваемость таких утеплителей крайне невысока, как правило, однодвукратная, и в редких случаях трехкратная.

Дежурство персонала при укладке и выдерживании бетона обязательно по условиям технологии работ, а также в соответствии с правилами техники безопасности для всех методов зимнего бетонирования, кроме термоса и безобогревного бетонирования. Все операции по электропрогреву бетонной смеси должен выполнять специально обученный электрик, но при этом методе выдерживания бетона дежурный персонал отсутствует. При всех методах, связанных с использованием электроэнергии в процессе выдерживания бетона, в соответствии со СНиП III-A.11-70 «Техника безопасности в строительстве» обязательно круглосуточное дежурство двух электриков не ниже III разряда. Для



наблюдения за магистральными и разводящими линиями паропровода при пропаривании бетона необходимо круглосуточное наблюдение одного дежурного рабочего-сантехника.

Временные устройства для укладки и выдерживания бетона следует учитывать при всех методах зимнего бетонирования. При безобогревном бетонировании они состоят только в устройстве пароизоляции открытых бетонных поверхностей, а при паропрогреве стоимость прокладки паропроводов и устройства паровой рубашки составляет 85—90% всех дополнительных затрат, даже при учете четырехкратной оборачиваемости применяемых материалов. При методе горячего термоса учитывают затраты на устройство и ограждение площадки для электроразогрева, подводку электроэнергии, монтаж пульта управления, утепление открытых бетонных поверхностей, а в отдельных случаях и утепление деревянной опалубки.

При электропрогреве бетона следует принимать во внимание затраты на устройство будки для трансформаторов, прокладку магистральных, подводящих и коммутационных проводов, установку и обрезку электродов. Опыт показал, что коммутационные провода имеют двукратную, а проводка для подключения к сети — пятикратную оборачиваемость. Аналогично следует определять затраты для других методов зимнего бетонирования.

При безобогревном бетонировании практически не подогревают составляющие бетонной смеси. При методе горячего термоса достаточно подогреть воду до температуры, обеспечивающей темпе-

ратуру смеси  $+2-3^{\circ}\text{C}$  при ее выгрузке в емкость для электроразогрева. Наибольшие затраты на подогрев составляющих требует метод термоса. Расход электроэнергии и пара при различных методах электротермообработки бетона и паропрогреве определяют расчетом.

Принципы подсчета технико-экономических показателей, приведенные в данной статье, были использованы для определения экономического эффекта, получаемого в результате внедрения безобогревного метода и метода горячего термоса по сравнению с электропрогревом стержневыми электродами и паропрогревом. Абсолютные значения показателей, приведенные в табл. 2 и 3, получены для условий Москвы. Бетон к моменту замораживания достиг 50% проектной прочности, приготовлен на портландцементе марки М 300. Температура воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$ , модуль поверхности массивных конструкций  $M_{\text{п}}=4$  и тонкостенных  $M_{\text{п}}=8$ . Для этих же условий паропрогрев  $100 \text{ м}^3$  бетона, уложенного в диски жесткости, обходится в 3295 р. при трудозатратах в 332 чел.-дн., из которых примерно 80% расходуются на устройство паровой рубашки и паропровода.

Таким образом, полученная нами значительно более высокая абсолютная стоимость методов электропрогрева и горячего термоса, превышающая цифры [1, 2] в 3—5 раз, соответствует удорожанию, принятому в ВНДЗ-69. Приведенное в работе [3] фактическое удорожание бетонных работ зимой на строительстве редакционно-издательского корпуса газетного производства «Правда» для стен жесткости с  $M_{\text{п}}=12,3$  при температуре воздуха  $-9^{\circ}\text{C}$  на  $1 \text{ м}^3$  бетона составляет: при электропрогреве — 14,3 р., горячем термосе — 6,8 р. и при безобогревном бетонировании с добавкой нитрита натрия — 5,2 р., что подтверждает реальность наших расчетов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арбеньев А. С. Технология бетонирования с электроразогревом смеси. — М.: Стройиздат, 1975.
2. Головнев С. Г. и др. Зимнее бетонирование на Южном Урале. — Челябинск, Южно-Уральское изд-во, 1974.
3. Жилкина В. А. Экономическое обоснование выбора способа зимнего бетонирования. Материалы семинара «Современные методы зимнего строительства» — М.: РОТО МДНТП, 1975.

## Долговечность

Д-р техн. наук В. Н. БОГОСЛОВСКИЙ,  
канд. техн. наук В. М. РОЙТМАН (МИСИ)

УДК 69.059.22:614.87:691.327

## Взрывообразное разрушение бетона при пожаре

Явление взрывообразного нарушения целостности бетона в условиях пожара приводит к резкому уменьшению предела огнестойкости строительных конструкций [1]. Аналогичное явление может возникнуть при слишком интенсивной сушке или первом разогреве тепловых агрегатов и рассматривается как аварийная ситуация [2].

Исследования в МИСИ [3, 4], проведенные по заказу ВНИИПО МВД СССР, показали, что в условиях высокотемпературных воздействий нарушение целостности бетона связано с действием теплового, силового, влажностного факторов. Особое внимание следует обратить в данном случае на влажностный фактор. При сильном нагреве вода, содержащаяся в бетоне, интенсивно воздействует на процесс его разрушения, поскольку возникают следующие явления: поверхностно-активное действие влаги в виде эффекта Ребиндера (адсорбционное снижение прочности за счет уменьшения работы, необходимой для образования в твердом теле новых поверхностей, снижающих сопротивление материала разрушению и повышающих его хрупкость), действие капиллярных сил при сушке или увлажнении тела (микроразрушения в процессе усадки или набухания);

образование избыточного давления при испарении влаги в структуре твердого тела (расклинивающее действие в устье трещин, напряжения в стенках пор);

развитие процессов переноса влаги, среди которых в высокотемпературных условиях доминирующую роль играют фильтрационные процессы (эрозийное, механическое действие потоков, абразивные, кавитационные эффекты и т. п.);

влияние процессов превращения влаги в пар и влагопереноса на градиенты и характер распределения других стимуляторов разрушения, в частности термического.

Таблица 3

Виды затрат на $100 \text{ м}^3$ бетона** при безобогревном бетонировании и наименование работ	Конструкции	
	тонкостенные	массивные
Приготовление и применение раствора нитрита натрия: р. чел.-дн.	214,06 2,27	152,89 1,62
Стоимость опалубки, р.	386,65	386,65
Накладные расходы, р.	2,68	1,91
Всего: р. чел.-дн.	603,4 2,3	541,5 1,6

\*\* Без учета затрат, одинаковых для всех методов.

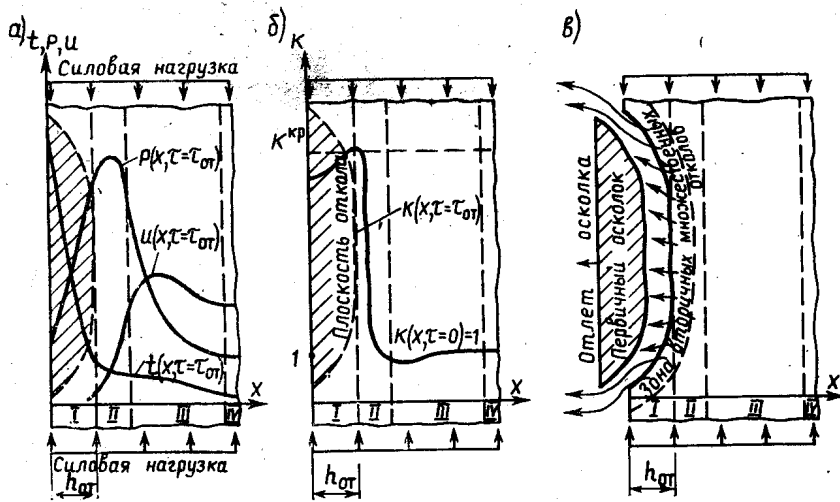


Рис. 1. Предлагаемая общая схема взрывообразной потери целостности бетонного изделия в условиях пожара

I — сухая зона; II — зона испарения влаги; III — зона повышенного влагосодержания; IV — зона начального влагосодержания; а — распределение температуры  $t$ , избыточного давления  $P$  и влагосодержания  $U$  по сечению бетонного изделия в момент потери бетоном целостности; б — эпюра степени разрушения бетона  $K(x, \tau)$  по сечению прогреваемого изделия; в — схема возникновения взрывообразной потери материала изделия целостности

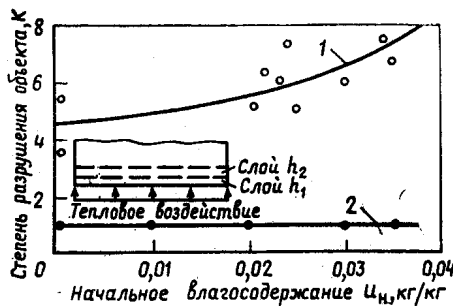


Рис. 2. Изменение степени разрушения бетона на гранитном заполнителе ( $\rho_0 = 2370 \text{ кг/м}^3$ ) в зависимости от его начального влагосодержания после воздействия пожара в течение 15 мин

1 — для слоя  $h_1 = 13 \text{ мм}$ ; 2 — для  $h_2 = 23 \text{ мм}$

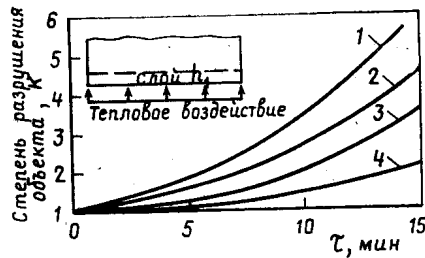


Рис. 4. Изменение степени разрушения влажного бетона на гранитном заполнителе ( $U_n = 0,023-0,026 \text{ кг/кг}$ ) в зависимости от времени воздействия пожара  $\tau$

1 — содержание крупного заполнителя (Щ)  $1400 \text{ кг/м}^3$ ; 2 — то же,  $1000 \text{ кг/м}^3$ ; 3 — то же,  $600 \text{ кг/м}^3$ ; 4 — цементно-песчаный бетон

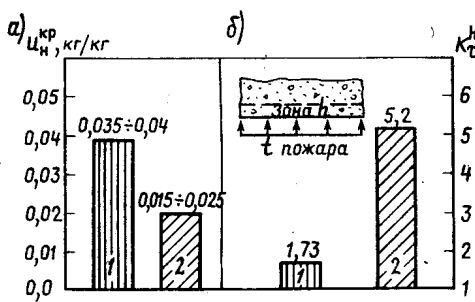


Рис. 3. Влияние типа заполнителя бетона на его стойкость к взрывообразной потере целостности в условиях пожара

а — диаграмма критических значений начального влагосодержания  $U_n^{кр}$  бетонов, приводящих к взрывообразному разрушению при пожаре, по результатам натуральных испытаний ВНИИПО; б — диаграмма степени разрушения  $K_{\tau}^h$  бетонов при пожаре при  $h = 0,012 \text{ м}$ ;  $\tau = 15 \text{ мин}$ ;  $U_n = 0,025 \text{ кг/кг}$ ; 1 — бетон на известняковом заполнителе, средний результат испытаний 12 образцов; 2 — бетон на гранитном заполнителе, средний результат испытаний 5 образцов

Статическая (чисто механическая) схема объяснения взрывообразного разрушения бетона [5] не учитывает ряд явлений, обусловленных не внешне приложенными нагрузками, а происходящих непосредственно в структуре тела. В результате могут возникнуть недопустимые погрешности в оценках возможности взрывообразного разрушения бетона и прогнозирования этого процесса [3].

Исследование закономерностей тепло- и влагопереноса в интенсивно прогреваемых капиллярно-пористых телах дают возможность, основываясь на кинетической концепции разрушения твердых тел, сформулировать гипотезу о механизме взрывообразного нарушения целостности бетона (рис. 1). В зоне материала, прилегающего к обогреваемым поверхностям изделия (рис. 1,а), соответственно будут наибольшие градиенты температу-

ры, давления, влагосодержания. На границе сухой зоны и зоны испарения вследствие интенсивного поглощения теплоты влагой (за счет скрытой теплоты парообразования) возникают резкие перепады температуры. Именно в сухой зоне материал и подвергается наиболее интенсивному воздействию стимуляторов разрушения.

Гипотеза происходит из того, что каждый отрыв осколка материала от прогреваемой поверхности тела является конечной стадией процесса накопления нарушений до критического уровня в материале зоны, прилегающей к этой поверхности (рис. 2,б). Эти нарушения представляют собой результат комбинарованного воздействия термических, влажностных и силовых стимуляторов разрушения. Взрывообразный характер потери целостности интенсивно прогреваемого бетона вызывается быстрой релаксацией и резким падением избыточного давления пара в плоскости откола осколка, резкой интенсификацией испарения влаги в этой зоне материала, скачкообразным повышением температуры бетона в зоне, примыкающей к плоскости откола материала. Взрывообразный выброс массы образовавшегося водяного пара сопровождается специфическим звуковым эффектом и разлетом осколков материала на значительные расстояния (10—15 м).

Для количественной оценки состояния материала изделия в условиях воздействия различных стимуляторов разрушения было введено понятие степени разрушения материала  $K_{\tau}^h$  как величины, характеризующей уровень развития процесса накопления нарушений в определенной области  $h$  твердого тела в момент  $\tau$  воздействия стимуляторов разрушения [3, 4]. Эта величина и является мерой утраты материалом первоначальных структурно-механических свойств вплоть до недопустимого предела (разделения на части).

Для проверки гипотезы о механизме взрывообразной потери бетоном целостности была проведена серия опытов по регистрации разрушения слоев бетона прилегающих к обогреваемой поверхности образцов, подвергаемых тепловому воздействию по режиму «стандартного» пожара [3, 4]. Регистрация степени разрушения бетона производилась в период времени, обычно предшествующий первым выбросам материала ( $\tau = 10-15 \text{ мин}$  воздействия пожара). Опыты проводились с различными типами бетонов, сухих и имеющих различный уровень влагосодержания, в условиях силового воздействия и без него (рис. 2, 3, 4).

Исследования подтвердили правильность основных положений гипотезы о механизме взрывообразного разрушения бетона. Взрывообразный характер зональной потери целостности интенсивно прогреваемой увлажненной конструкции определяется скоростью накопления нарушений в структуре прогреваемого материала, которая при данной интенсивности теплового воздействия, уровне начального влагосодержания и силового воздействия может стать настолько большой, что это приведет к взрывообразным эффектам. Это позволило внести существенные изменения в сложившиеся представления и теорию разрушения бетонов в рассматриваемых условиях. Выполненные эксперименты могут быть полезными для научно обоснованного выбора, разработки и использования методов и средств диагностики состояния и поведения бетонных материалов и конструкций в рассматриваемых условиях. Накопленные экспериментальные данные могут позволить установить научно обоснованные нормы допустимой влажности материалов, оценивать и регулировать стойкость к взрывообразной потере бетоном целостности при пожаре.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев А. И., Бушев В. П. Взрывообразное разрушение бетона. — Пожарная профилактика и тушение пожаров, инф. сб. ЦНИИПО, вып. 3. — М.: Стройиздат, 1966.
2. Петров-Денисов В. Г., Масленников Л. Н., Пичков А. М. Тепло- и влагоперенос при сушке и первом разогреве жаростойкого бетона. — Бетон и железобетон, 1972, № 2.
3. Богословский В. Н., Ройтман В. М., Мешалкин Е. А. Исследование стойкости строительных материалов и конструкций к взрывообразной потере целостности в условиях пожара. — Отчет по НИР, МИСИ им. В. В. Куйбышева, 1976.
4. Ройтман В. М. Оценка огнестойкости конструкций с учетом их взрывообразного разрушения. — Огнестойкость строительных конструкций. Сб. тр. ВНИИПО МВД СССР, № 4, М., 1976.
5. Жуков В. В. Причины взрывообразного разрушения бетона при пожаре. — Бетон и железобетон, 1976, № 3.

## Нам пишут

**В. В. РУМЯНЦЕВ** (Каширский завод ЖБИ № 3)

УДК 693.547.14:65.011.56

## Автоматизация ямных пропарочных камер

Автоматизация тепловой обработки железобетонных изделий осуществляется с помощью серийно выпускаемых программных регуляторов типа ПРТЭ, ЭРП-61 и других, предназначенных для автоматического отсечения избытка теплоносителя при поддержании температурного режима прогрева паровоздушной среды.

В процессе длительной эксплуатации электронных программных регуляторов типа ЭРП-61 и ПРТЭ-2М на Каширском заводе ЖБИ № 3 в них были внесены некоторые изменения и дополнения. В системе пароснабжения камер модернизированы электромагнитные соленоидные клапаны СВВ-877, работающие в комплекте с регулятором ПРТЭ. Модернизация была вызвана тем, что клапан работал ненадежно, тяговое усилие электромагнита было недостаточным, обгорали контакты промежуточного реле, встроенного в клапан, часто выходили из строя втягивающие катушки и т. д.

Схема клапана показана на рис. 1. Электромагнитный привод клапана типа МИС-5100 работает от переменного тока напряжением 220 В. В закрытом положении золотник закрывает основное отверстие клапана в корпусе. Небольшое отверстие в золотнике закрыто разгрузочным золотником. Герметичность достигается за счет давления среды на золотники и действия возвратной пружины. При подаче напряжения на катушку тягового электромагнита якорь начинает двигаться вверх, при этом золотник поднимается и отверстие в нем открывается. Якорь, соединяясь со штоком шарнирно, втягивает его вверх, пружина сжимается, при втянутом положении клапан занимает положение «Открыто». При размыкании контактов, промежуточного реле клапан под действием пружины закрывается.

Электрическая схема управления электромагнитным клапаном показана на рис. 2. Промежуточное реле *P1* находится в щите управления. При дистанционном управлении переключатель становится в положение «Ручное», и при на-

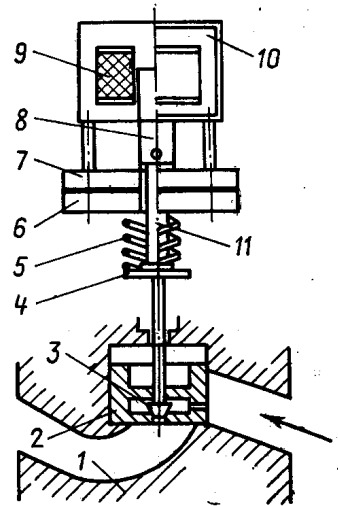


Рис. 1. Устройство электромагнитного клапана типа СВВ после модернизации

1 — корпус; 2 — золотник; 3 — разгрузочный золотник; 4 — фиксируемая тарелка; 5 — пружина; 6 — корпус клапана; 7 — основание электромагнита; 8 — якорь; 9 — катушка; 10 — тяговый электромагнит; 11 — шток

жатии кнопки *K0* катушка реле *P1* получает питание через нормально открытый контакт *P1*, блокирующий кнопку *K0*. Промежуточное реле *P1* замыкает нормально открытые контакты и размыкает нормально закрытый контакт; в результате катушка электромагнитного клапана получает питание, клапан открывается и загорается сигнальная лампа *Л1* («Открыто»).

При закрытии клапана нажимается кнопка *K3* («Закрыто»), цепь разрывает-

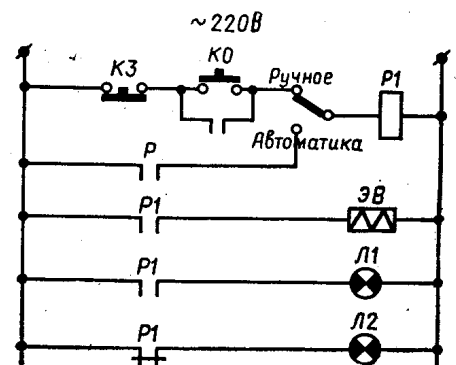


Рис. 2. Электрическая схема управления электромагнитным клапаном

ется, реле *P1* обесточивается и нормально открытые контакты размыкаются. Якорь вентиля под действием пружины опускается вниз, загорается сигнальная лампа *L2* («Закрывается»). При работе на автоматическом управлении ключ переводится в положение «Автоматика», схема начинает работать от регулятора *ПРТЭ*.

Тепловлажностная обработка производится при давлении пара в сети 0,6—0,8 кгс/см<sup>2</sup>. На общей паровой магистрали устанавливают электрорегулирующий вентиль, поддерживающий давление пара в заданных пределах. Система автоматического регулирования давления пара показана на рис. 3. При понижении давления пара до минимума нормально открытый контакт *ЭКМ* замыкается, катушка *P1* реверсивного магнитного контактора типа МКР-0-58 получает питание через блокирующий нормально замкнутый контакт *P2*, магнитный контактор срабатывает и приводит в движение электродвигатель, задвижка приоткрывается. Когда давление пара достигнет максимума, нормально открытые контакты *ЭКМ* замыкаются, катушка *P2* получает питание, срабатывает магнитный контактор и электродвигатель начинает прикрываться, уменьшая подачу пара.

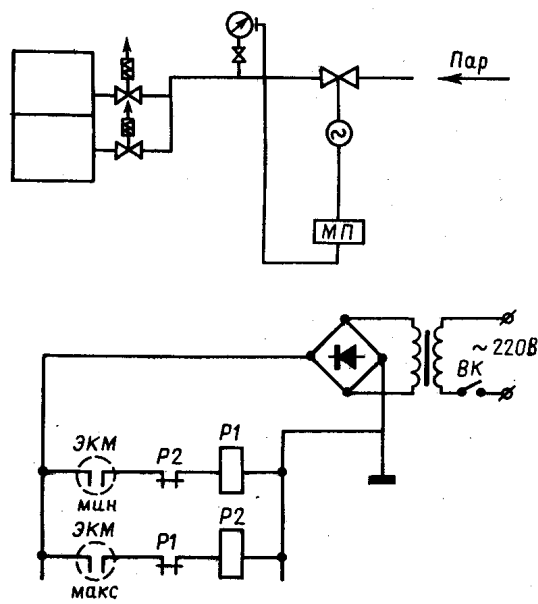


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема регулирования давления пара в сети магистрали

Катушки *P1* и *P2* магнитного контактора питаются постоянным током напряжением 24 В от выпрямителя, что позволило увеличить срок эксплуатации электроконтактного манометра.

Применение системы автоматического регулирования привело к сокращению расхода пара и облегчению условий труда обслуживающего персонала.

## Стандарты

Канд. техн. наук **И. В. ВОЛЬФ, В. Г. БРАГИНСКИЙ**  
(Донецкий Промстройниипроект)

УДК 691.327:666.973.2

### ГОСТ на щебень из доменного шлака для бетона

Для уточнения действующих в течение 10 лет требований к щебню из доменного шлака для бетона, изменений и дополнений к ним с учетом современных достижений науки и производства разработан новый ГОСТ 5578—76, который введен в действие с 1 января 1978 г.

В разработке ГОСТа участвовали ВНИПИИСтромсырье, УралНИИчермет Минчермета СССР, Харьковский и Донецкий Промстройниипроекты, Союздорнии и Днепропетровский филиал НИИСП. Он составлен по результатам специальных исследований, проведенных институтами-разработчиками на основе изучения и обобщения имеющихся экспериментальных и литературных данных по производству плотного щебня и применению его в бетонах, анализа советских и зарубежных требований к щебню из доменного шлака для бетона, а также нормативных документов на другие виды заполнителей.

В ГОСТ 5578—76 введены новые показатели, характеризующие качество щебня: химический и минеральный составы, а также петрографическое строение. Уточнено и дополнено требование, регламентирующее устойчивость структуры щебня. Если при испытании на силикатный распад по ГОСТ 9758—68 потери щебня по массе не превышают 5%, его структура считается устойчивой. Щебень на железистый распад не испытывают, так как для современных шлаков это не характерно. Для предварительной оценки пригодности шлака к переработке на щебень новый стандарт разрешает определять устойчивость структуры шлака химическим анализом. В этом случае структура шлака считается устойчивой, если содержание в нем окиси кальция меньше или равно величине, полученной по формуле Харьковского Промстройниипроекта:

$$\text{CaO} = 0,92 \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,2 \text{MgO}.$$

Требования к зерновому составу щебня частично изменены и приведены в соответствие со стандартом на щебень из естественного камня для строительных работ с учетом особенностей технологии изготовления. Так, полные остатки на ситах с  $D_{\text{наим}}$  составляют для фракций с размером зерен 5(3) мм 95—100%, а с размером зерен 10 мм и более — 90—100% (в ГОСТ 5578—65 независимо от размера фракций полный остаток составлял 95—100%). Полные остатки на ситах с 0,5 ( $D_{\text{наим}} + D_{\text{наиб}}$ ) для одной фракции составляют 40—80% (вместо 40—70% по ГОСТ 5578—65), а на ситах с  $D_{\text{наим}}$  — 0—10% (вместо 0—5%). Увеличен допустимый предел содержания зерен пластинчатой и игольчатой форм с 15 до 25%.

В стандарте изменено требование к прочности щебня, которая характеризуется маркой, устанавливаемой по результатам испытания его в цилиндре в сухом состоянии. Дана классификация щебня по маркам в зависимости от потерь массы после испытания. Введены четыре марки щебня по прочности: Др-15, Др-25, Др-35 и Др-45. При этом определена возможная область использования щебня каждой марки. Так, щебень марки Др-15 можно использовать для бетона марки М 400 и выше; Др-25 — для бетона марки М 300; Др-35 — для бетона марки М 200 и Др-45 — для бетона марки ниже М 200. Стандарт допускает применение щебня перечисленных марок для бетонов более высоких марок. В этом случае необходима проверка щебня в бетоне и составление технико-экономического обоснования.

Уточнено требование к объемной насыпной массе: независимо от размера фракций она должна составлять не менее 1000 кг/м<sup>3</sup>. По соглашению с потребителем допускается поставка щебня

объемной насыпной массой ниже 1000 кг/м<sup>3</sup>, но не менее 900 кг/м<sup>3</sup>.

В отличие от ГОСТ 5578—65, содержание в щебне пылевидных частиц нормируется дифференцированно в зависимости от его марки. Для щебня марок Др-15 и Др-25 оно не должно превышать 2%, а для более низких марок — 3%.

По степени морозостойкости щебень подразделяется на шесть марок (вместо семи по ГОСТ 5578—65): Мрз 15, Мрз 25, Мрз 50, Мрз 100, Мрз 150 и Мрз 200. Марка по морозостойкости Мрз 300 исключена из нового ГОСТа. Для конструкций, не защищенных от влияния внешних атмосферных воздействий, морозостойкость щебня должна обеспечивать получение бетона требуемой марки по морозостойкости.

ГОСТ ограничивает содержание в щебне серы (не более 3—2,5%). При большом содержании серы, а также при использовании щебня для преднапряженных железобетонных конструкций необходимы специальные исследования, устанавливающие степень воздействия серы на арматуру.

Введены новые разделы: «Правила приемки», «Маркировка, транспортирование и хранение», «Гарантия поставщика», которые составлены по аналогии с соответствующими разделами ГОСТ 8267—75 «Щебень из естественного камня для строительных работ».

«Правила приемки» устанавливают перечень ежедневных и периодических испытаний щебня. К числу периодически определяемых показателей относятся: устойчивость структуры, прочность, объемная масса и морозостойкость щебня. В этом же разделе указывается, что пробы отвалных шлаков и шлаков текущего выхода для производства щебня отбирают по ГОСТ 3344—73, поэтому исключено приложение «Указания по обследованию и отбору доменных отвалных и огненно-жидких шлаков».

Новый стандарт составлен в соответствии с требованиями ГОСТ 1.5—68 «Государственная система стандартизации. Построение и изложение стандарта». Все изменения, уточнения и дополнения позволяют более широко и рационально использовать щебень из доменного шлака в производстве бетонов.

Экономическая эффективность нового стандарта обусловлена расширением сырьевой базы заполнителей для производства бетона, заменой привозного щебня местными материалами. Ориентировочный экономический эффект от применения щебня из доменного шлака составит, по данным НИИЭСМ, около 3 р. за 1 м<sup>3</sup> бетона.

## Информация

УДК 693.547.14(063)

### Семинар по современным методам тепловой обработки сборного железобетона

В январе т. г. в Московском Доме научно-технической пропаганды имени Ф. Э. Дзержинского проходил научно-технический семинар на указанную выше тему, организованный секцией «Железобетонные конструкции и строительные материалы» МДНТП, НИИЖБ, Главмоспромстройматериалами, ВНИИ-Железобетоном, ЦНИИЭП жилища и Главмосстроем.

В работе семинара приняли участие свыше 600 представителей 279 предприятий, проектных и научно-исследовательских институтов (в том числе представители 107 заводов и комбинатов и 172 проектных и научно-исследовательских организаций) из Москвы, Киева, Ленинграда, Алма-Аты, Ташкента, Киргизии, Владивостока, Якутска и других городов страны. Для участников семинара были организованы экскурсии на Ростокинский завод ЖБИ ДСК № 1, Востряковский завод ЖБИ и завод ЖБК № 18 Москвы.

Было заслушано и обсуждено 24 доклада, предварительно опубликованных в специальном сборнике материалов семинара. В них отмечалось, что ускорение твердения бетона остается одной из важнейших проблем производства сборного железобетона, так как длительность тепловой обработки, составляющая 80—95% времени технологического цикла изготовления изделий, определяет оборачиваемость стальных форм, эффективность работы агрегатов, в значительной мере влияет на расход цемента и тепловой энергии, а также на качество и долговечность бетона.

В настоящее время наиболее распространенным способом ускорения твердения сборного железобетона на заводах и полигонах является тепловая обработка изделий при температуре до 100°C с использованием в качестве теплоносителя при различных схемах производства насыщенного водяного пара. При этом основной объем сборного железобетона подвергается тепловой обработ-

ке в пропарочных камерах периодического или непрерывного действия, а также контактным способом в термоформах с паровыми рубашками. Средняя по стране продолжительность пропаривания на большинстве заводов с агрегатно-поточной технологией составляет 12—14 ч, а оборачиваемость пропарочных камер составляет около 1 раза в сутки.

Цикл тепловой обработки изделий при касетной технологии колеблется в зависимости от различных технологических и организационных факторов, а оборачиваемость касетных установок также приближается к 1 разу в сутки.

В последние годы проводится дальнейшее совершенствование всех технологических процессов производства, в том числе и тепловой обработки. Увеличилось число высокомеханизированных конвейерных линий с применением тепловых агрегатов непрерывного действия; более широко применяются методы тепловой обработки изделий с одновременным обжатием бетона паровоздушной средой или механическим пригрузом (в том числе в пакетах и термопакетах), с использованием предварительно разогретых паром или электрическим током бетонных смесей; шире используются различные химические добавки; предложены и внедрены более совершенные конструкции пропарочных камер, расширяется практика применения автоматизации процесса тепловой обработки изделий.

Одним из перспективных направлений совершенствования тепловой обработки изделий на заводах и полигонах является использование электрической энергии, позволяющей автоматизировать технологические линии и процессы, обеспечить относительно небольшие энергетические затраты, повысить культуру производства и улучшить условия труда. Разработано и внедрено несколько видов электротермообработки: форсированный электроразогрев бетона и бетонных сме-

сей, контактный обогрев бетона в термоформах с помощью вмонтированных в них электронагревателей различных типов, индукционный нагрев, обогрев изделий в камерах различных типов, оборудованных электронагревателями, и др.

Проводятся работы по использованию продуктов сгорания природных газов, горячего масла и других теплоносителей.

Вместе с тем участники семинара отметили, что новые способы тепловой обработки и эффективные технологические приемы медленно реализуются промышленностью. Весьма значительным на предприятиях сборного железобетона продолжает оставаться расход тепловой энергии на термообработку бетона. Так, при пропаривании изделий расход пара достигает  $700 \text{ кг/м}^3$  и выше вместо требуемых в среднем  $400 \text{ кг/м}^3$ . Снижение расхода тепловой энергии при производстве сборного железобетона следует рассматривать как одну из важнейших народнохозяйственных проблем.

Широкое внедрение методов электро-термообработки сборного железобетона сдерживается из-за недостаточного объема проектно-конструкторских разработок, отсутствия типовых решений технологических узлов и линий, а также трудностей с обеспечением заводов соответствующим оборудованием. Отмечалось, что рекомендации VII и VIII Всесоюзных конференций по бетону и железобетону, предыдущих семинаров в МДНТП имени Ф. Э. Дзержинского и других научно-технических совещаний выполнены неполностью. Так, производство сборного железобетона не обеспечено в необходимом объеме наиболее эффективными в условиях тепловой обработки цементами, БТЦ, портландцементами марок М 500 и выше; качественными фракционированными и мытыми заполнителями; не организовано изготовление химических добавок как специального продукта, удовлетворяющего соответствующим требованиям производства сборного железобетона.

Для дальнейшей интенсификации производства, сокращения расхода цемента, экономии топливно-энергетических ресурсов и повышения качества выпускаемой продукции участники семинара приняли соответствующие рекомендации.

Предприятиям промышленности сборного железобетона следует расширить внедрение в производство эффективных способов тепловой обработки с использованием водяного пара и электроэнергии: предварительного разогрева бетонных смесей; двухстадийной тепловой обработки изделий; контактного прогрева изделий в термоформах, оборудованных электронагревателями различной конструкции, с одно- или двухступенчатым

режимами нагрева; прогрева изделий в формах и термоформах, пакетах и термопакетах с одновременным обжатием бетона паровоздушной средой или механическим пригрузом; пропаривания изделий по режимам с регулируемой относительной влажностью среды; прогрева легкобетонных изделий в высокотемпературной среде в установках, оборудованных электронагревателями и инфракрасными излучателями.

Для экономии энергоресурсов необходимо в максимальной степени автоматизировать процессы контроля и управления режимами тепловой обработки; сократить непроизводительные затраты тепловой энергии, обратив особое внимание на теплоизоляцию парораспределительной сети, термоформ, установку необходимых приборов и аппаратуры для регистрации расхода теплоносителя, строгий контроль за режимом тепловой обработки; реконструировать существующие камеры тепловой обработки, прежде всего пропарочные, выполняя ограждения камер либо из легких бетонов, либо с эффективной теплоизоляцией с надежной защитой их от увлажнения.

Научно-исследовательским и проектным институтам строительной индустрии, соответствующим министерствам и ведомствам рекомендуется увеличить промышленный выпуск цемента, наиболее эффективных для применения в бетонах, подвергаемых тепловой обработке; расширить производство высокомарочных портландцементов марок М 500 и выше. Организовать массовое производство химических добавок, ускоряющих твердение бетона, пластифицирующих бетонную смесь, а также комплексных добавок. Пересмотреть и доработать типовой проект № 409-10-38 «Унифицированный ряд безнапорных камер для тепловой обработки железобетонных изделий» для использования прогрессивного опыта эксплуатации новых пропарочных камер с теплоизоляцией ограждений, сопловой системой теплоснабжения, специальными крышками и т. д. и провести тщательную экспертизу такого проекта в головных научно-исследовательских институтах, занимающихся этой проблемой.

Продолжить исследовательские работы и создать опытно-промышленные технологические линии с тепловыми агрегатами, использующими избыточное давление паровоздушной среды, а также с формами и термоформами, пакетами и термопакетами с одновременным обжатием бетона механическим пригрузом.

Ускорить промышленное освоение производства железобетонных изделий из предварительно разогретых бетонных

смесей, обеспечить разработку и серийный выпуск установок для непрерывного и порционного электронагрева смеси, бетоносмесителей с паронагревом смеси и автоматическим регулированием температуры и водосодержания или подвижности смеси.

При проектировании и строительстве новых, а также реконструкции существующих предприятий сборного железобетона шире использовать прогрессивные технологические решения по тепловой обработке, основанные на применении электрического тока, высокотемпературных теплоносителей, форсированного разогрева бетона и бетонных смесей, избыточного давления паровоздушной среды, механического пригруза и других эффективных способов.

Разработать типовые проектные решения технологических узлов, агрегатов и установок и опробовать их в производственных условиях. Расширить и ускорить исследования по использованию высокоэффективных источников тепловой энергии (электрической, продуктов сгорания природного газа, высокотемпературных масел).

Увеличить для нужд промышленности сборного железобетона выпуск приборов и средств автоматического контроля и регулирования процесса тепловой обработки, а также расхода энергоресурсов. Ускорить разработку, утверждение Госстроем СССР и издание соответствующих нормативных и инструктивных документов по интенсификации производства и экономии энергоресурсов при изготовлении сборных железобетонных изделий, в частности «Норм технологического проектирования предприятий сборного железобетона», предусмотрев в них различные апробированные способы сокращения длительности тепловой обработки, а также расход пара и электрической энергии; «Норм расхода тепловой энергии при тепловлажной обработке бетонных и железобетонных изделий в заводских условиях»; «Руководства по проектированию тепловых агрегатов с теплоизоляцией ограждающих конструкций» и др. Увеличить план выпуска научно-технической литературы (монографий, учебных и технических пособий) по технологии бетона при производстве сборных изделий и, в частности, по их тепловой обработке.

**Председатель Оргкомитета семинара**  
д-р техн. наук, проф. Б. А. КРЫЛОВ,  
**зам. председателя Оргкомитета**  
**семинара канд. техн. наук**  
Е. Н. МАЛИНСКИЙ

## Рациональное использование шлаков и продуктов шлакопереработки в строительстве

В ноябре 1977 г. в Липецке состоялась 2-я Всесоюзная конференция-встреча на указанную выше тему, организованная Липецким обкомом КПСС, Минтяжстроем СССР, Главлипецстроем, Центральным и Липецким областными правлениями НТО стройиндустрии.

В работе конференции приняли участие 292 человека из 21 города Советского Союза, в том числе работники аппарата ЦК КПСС и Госстроя СССР, ученые и специалисты научно-исследовательских и проектных институтов, вузов, предприятий стройиндустрии, строительных и монтажных организаций Минтяжстроя СССР, Минчермета СССР и др.

На заседаниях заслушано 20 докладов, в обсуждении которых приняли участие 36 ученых и специалистов. Материалы конференции убеждают, что широкое применение продуктов шлакопереработки в строительстве является мощным резервом экономии природных ресурсов, энергии и повышения эффективности производства. Участники конференции отметили, что за последние годы переработка доменных шлаков значительно улучшилась. Производство граншлака в нашей стране достигло 27,8 млн. т., шлаковой пемзы — 1,7 млн. т., шлакового щебня — 6,8 млн. т. Увеличиваются объемы производства бетона и железобетона на шлаковых заполнителях. В настоящее время более 40 предприятий стройиндустрии изготавливают 1,5 млн. м<sup>3</sup> конструкций из шлакопемзобетона. В Липецке, например, с применением шлакопемзобетона ежегодно строится около 200 тыс. м<sup>2</sup> жилых домов, монтируется около 100 тыс. м<sup>2</sup> стен общественных и промышленных зданий. За девятую пятилетку экономический эффект от использования продуктов шлакопереработки в строительстве составил около 20 млн. р.

Вместе с тем в обсуждаемой проблеме много нерешенных вопросов. Недостаточно изучены химические и физические факторы, определяющие устойчивость структуры шлаков, механизм поризации расплавов, характер и природа взаимодействия расплавленных шлаков

с различными средами. Отсутствие прочной теоретической базы затрудняет правильный выбор принципов и способов промышленной переработки шлаков, лишает возможности получать новые строительные материалы с заранее заданными свойствами. Пока нет единых принципов создания легких бетонов на основе шлаковой пемзы (шлакопемзобетон) с оптимальными составами и физико-механическими свойствами. Недостаточно исследовано влияние различных технологических факторов на эксплуатационные свойства конструктивно-теплоизоляционного шлакопемзобетона (прежде всего его теплопроводность и сорбционную влажность), на прочностные и деформативные характеристики конструкционного шлакопемзобетона. Требуется дальнейшего совершенствования технологии производства шлаковой пемзы с целью повышения ее однородности и улучшения других строительно-технических характеристик. До сих пор и для наружных стеновых панелей, и для несущих конструкций используется шлаковая пемза одного класса с одними и теми же характеристиками, что недопустимо. Все это мешает рациональному проектированию и созданию высокоэффективных конструкций из шлакопемзобетона, тормозит внедрение их в практику современного строительства. Пока еще, по существу, только в стадии разработки находятся высокопрочные шлакопемзобетоны. Это задерживает создание эффективных большепролетных и пространственных несущих конструкций из шлакопемзобетона с высокопрочной арматурой класса Ат-V и Ат-VI.

В связи с изложенным, на конференции были намечены важнейшие направления научно-исследовательских работ в рассматриваемой области:

разработка технологии производства широкой номенклатуры строительных материалов непосредственно у доменных печей;

исследование структурно-технологических свойств шлаковых расплавов при производстве продукции с заданными

свойствами в процессе их формирования;

исследование химических и физических факторов, определяющих устойчивость структур шлаковых систем;

исследование механизма и кинетики поризации и депоризации шлаковых систем;

разработка химического и структурного критерия оценки пригодности для бетона кислородно-конверторных шлаков; разработка технологии полимершлакосиликатных бетонов;

исследование теплофизических, акустических, гидрофизических и строительно-технологических свойств бетонов различной структуры на шлаковых заполнителях различных видов и свойств, и разработка рациональных конструкций из них;

разработка и исследование высокопрочных шлакопемзобетонов оптимальных составов и свойств;

разработка и исследование преднапряженных конструкций из шлакопемзобетона с высокопрочной арматурой из стали класса Ат-V и Ат-VI;

улучшение удобоукладываемости и других реологических свойств бетонных смесей на шлаковых заполнителях;

разработка технологии бетонов на шлакощелочном вяжущем, особенно высокопрочных и теплоизоляционных шлакобетонов;

разработка схем рациональной организации по переработке и комплексному использованию металлургических шлаков и продуктов их переработки в строительстве.

В области промышленного производства шлаковых материалов рекомендуется ускорить внедрение придоменной переработки шлака в щебень, формирование шлаковых отливок, их кристаллизацию и отжиг; усовершенствовать технологию грануляции сталеплавильных шлаков, технологию получения шлаковой пемзы в виде отдельных зерен, не требующих дробления, рекомендуется выпускать шлаковую пемзу двух классов (отдельно для конструктивно-теплоизоляционных и для конструкционных бетонов).

Для охраны окружающей среды необходимо разработать технологию получения пемзы, щебня и гранулированного сталеплавильного шлака в закрытых установках, обеспечивающих сбор и утилизацию вредных парогазовых выбросов. Качество шлаковой пемзы необходимо улучшать путем автоматизации процессов поддержания заданного соотношения «вода—шлак», управления режимом охлаждения поризованной мас-

сы (перед дроблением), предварительного отсева продукта перед дроблением, окатку пемзы в барабанах и активизации ее цементно-водной суспензией, а также путем сепарации пемзы по объемной массе.

В районах, обеспеченных необходимым количеством шлаковой пемзы, рекомендуется все основные конструкции панельных жилых домов, зданий серии ИИ-04, промышленных и сельскохозяйственных

зданий изготавливать из шлакопемзобетона; необходимо также увеличить объемы и номенклатуру применения тяжелых бетонов на литом шлаковом щебне.

Во многих докладах и выступлениях подчеркивалось, что широкое использование отходов промышленности, и в частности шлаков, экономически выгодно, а также способствует решению некоторых вопросов защиты окружающей среды.

## Библиография

УДК 624.01

### Новый учебник для техникумов

В учебнике для техникумов кроме обычных требований полнота и строгость изложения должна сочетаться с относительной простотой. Этому требованию в полной мере удовлетворяет рецензируемый учебник\*.

В двух томах учебника в соответствии с программой дисциплины «Строительные конструкции» для техникумов по специальности «Промышленное и гражданское строительство» четко, в полном объеме и вместе с тем в доступной форме изложены все необходимые для учащихся сведения по строительным конструкциям.

В первом томе изложены основные положения проектирования строитель-

ных конструкций и оснований. Четко даны области применения различных строительных материалов, в соответствии с требованиями СНиП, даны основы расчета строительных конструкций и оснований по предельным состояниям, сведения о нормативных и расчетных нагрузках. Изложение сопровождается большим справочным материалом. Даны принципы проектирования и возведения металлических, каменных и армокаменных, деревянных конструкций. Уделено внимание и конструкциям из современных синтетических материалов. Теоретический и справочный материал иллюстрируется примерами расчетов.

Второй том учебника полностью посвящен железобетонным конструкциям. В полном соответствии с программой приведены основные теоретические и практические положения по расчету и конструированию железобетонных плоских и ребристых перекрытий, тонко-

стенных пространственных конструкций, фундаментов, конструкций промышленных, гражданских и сельскохозяйственных зданий и специальных сооружений. Изложены основы теории железобетона и основные методы расчета железобетонных конструкций, что облегчает понимание принципа проектирования современных железобетонных конструкций.

Лучшему усвоению излагаемого материала при самостоятельной работе учащихся несомненно будут способствовать и вопросы для самопроверки, помещенные в конце каждой главы.

В целом материал изложен доходчивым языком, учебник построен методически верно. Можно быть уверенным, что он будет способствовать повышению уровня и качества подготовки технических работников для нужд народного хозяйства.

Д-р техн. наук, проф. Л. Н. НАСОНОВ

\* Цай Т. Н., Бородич М. К., Богданович А. Ф., Пешковский А. М., Макдринов А. П. Строительные конструкции. Т. I, т. II. Под ред. Т. Н. Цая. Учебник для техникумов. М., Стройиздат, 1977.



УДК 691.022—413:691.327:666.973.2:669.162.266.448:539.3/4

Руденко В. А., Шилкин П. И. Прочностные и деформативные характеристики шлакопемзобетонных стеновых панелей. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 9—10, ил. 3, табл. 2.  
Выявлена зависимость деформаций и перемещений панели от нагрузки, определены максимальные напряжения. Показана целесообразность применения таких панелей при строительстве высотных зданий.

УДК 624.075.23

Опыт укрупнения сеток колонн каркасных зданий серии ИИ-04. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 11—12, табл. 1, ил. 4. Авт.: П. А. Вязовченко, В. И. Зыков, Г. В. Лебедев и др.  
Рассматривается опыт применения преднапряженных ригелей типового сечения длиной 9 и 12 м для каркасных зданий серии ИИ-04. Такие ригели дают возможность, используя обычные шестиметровые пустотные плиты перекрытий, при минимальных капитальных вложениях в производственную базу (оснастка для изготовления ригелей), широко применять укрупненные сетки колонн 9X6 и 12X6 м в каркасах серии ИИ-04.

УДК 691.327:666.973.2:666.64—492.3:539.4

Иванов И. А., Нефедов В. В. Влияние однородности керамзита на улучшение свойств керамзитобетона. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 13—15, ил. 4, табл. 1, список лит.: 6 назв.  
Рассматривается влияние однородности свойств гранул керамзита на деформативность бетона при циклическом воздействии отрицательных температур до —60°C. Исследованы температурные деформации керамзитобетона различных марок при охлаждении в напряженном и ненапряженном состоянии. Приведены результаты измерений деформаций ползучести керамзитобетона, подвергнутого циклическому замораживанию — оттаиванию. Отмечено значительное влияние однородности свойств гранул керамзита на морозостойкость бетона, особенно в нагруженном состоянии.

УДК 691.327:666.973.2:566.535

Исследование вспученного перлита и бетонов на его основе. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 15—17, ил. 2, табл. 2. Авт.: Л. А. Макаева, Г. А. Буевич, С. М. Каган, А. К. Батура.  
На основании исследований и опыта экспериментального строительства обоснована необходимость нормирования прочности вспученных перлитовых песков. Показано, что использование малопрочного вспученного перлита из шахтной печи отрицательно сказывается на свойствах бетона и трещиностойкости конструкций. Бетоны на перлите, вспученном во вращающейся печи, по всем физико-механическим данным полностью удовлетворяют требованиям норм.

УДК 691.327:666.973.2:666.64—492.3:539.3/4

Михайлов И. П., Кондратьев М. И. Прочностные и деформативные свойства керамзитобетонных. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 17—19, ил. 2, табл. 3, список лит.: 5 назв.  
Приводятся результаты исследований прочностных и деформативных свойств керамзитобетонных с бурноугольными и каменноугольными золами ТЭС в качестве мелкого заполнителя.  
Показано, что при сохранении заданной прочности введение золы, удовлетворяющей соответствующим ТУ, мало изменяет указанные свойства по сравнению с обычным керамзитобетоном.

УДК 691.115:674.816.2

Минас А. И., Наназашвили И. Х. Специфические свойства арболита. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 19—20, ил. 2, список лит.: 5 назв.  
Рассмотрены свойства арболита в зависимости от специфических свойств органического целлюлозного заполнителя. Показано их влияние на процессы образования структуры и стойкость арболита в эксплуатационных условиях попеременного увлажнения и высыхания.

УДК 627.842/844:691.327:539.217

Технология восстановления водонепроницаемости напорных труб. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 22—23, ил. 3, табл. 1. Авт.: Г. С. Иванов, О. И. Крикунов, А. И. Дмитриев, Г. В. Топильский.  
Представлены результаты исследований технологии восстановления водонепроницаемости дефектных виброгидропрессованных труб. Восстановление водонепроницаемости труб осуществляется пропиткой под давлением натриевым жидким стеклом на модернизированных стендах для гидростатических испытаний. Восстановлению поддаются трубы с исходной водонепроницаемостью не менее 2 кгс/см<sup>2</sup>.

УДК 691.328—46—412

Эпштейн В. Л., Хейло Ю. А., Ройзин П. Г. Изготовление объемных блоков тоннелей на универсальном формовочном оборудовании. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 24—26, ил. 4.  
Рассматривается развитие механизированной технологии производства объемных железобетонных элементов различного назначения способом непрерывного формования по принципу поднимающегося сердечника. Приведены конструктивно-технологические параметры оборудования и результаты экспериментальных и проектных разработок. Показана экономическая эффективность машинного способа формования объемных элементов.

УДК 624.012.45:666.972.16.003

Дворкин Л. И., Файнер М. Ш. Эффективность добавок в прокатном производстве железобетонных изделий. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 26—28, ил. 2, список лит.: 5 назв.  
Приведены результаты количественного анализа эффективности производства плит перекрытий и панелей внутренних стен для 16-этажных жилых домов на прокатном стане БПС-6 при использовании различных технологических приемов экономии цемента. На основе проведенного анализа сделаны выводы о преимуществах и недостатках этого способа производства.

УДК 691.87:693.554

Мадатян С. А. Учет эффектов преднапряжения арматуры при расчете прочности изгибаемых элементов. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 28—30, ил. 4, табл. 1, список лит.: 5 назв.  
Рассмотрен метод расчета несущей способности нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов, позволяющий учитывать влияние на нее комплекса эффектов преднапряжения, в том числе изменение механических свойств и диаграммы растяжения стали от действия усилия натяжения и температурно-временных факторов.

УДК 691—4:691+869.82

Формы и поддоны-вагонетки с трехточечным опиранием. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 31—32 ил. 3. Авт.: В. И. Железняк, А. Н. Соколов, В. А. Островский, Г. С. Митник.  
Приведены данные о снижении на 20—25% металлоемкости форм при изменении схемы опирания, а также результаты испытаний опытных конструкций и эксплуатации поддона-вагонетки на конвейерной линии.

УДК 691.327:539.3/4

Кудзис А. П., Ноткус А.-И. И. О погрешностях двухосных испытаний бетона. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 32—34 ил. 3, список лит.: 5 назв.

Приведен анализ некоторых искажений и ошибок, допущенных при осуществлении или оценке предлагаемого однородного плоского напряженного состояния двухосно нагруженных образцов. Оценивается влияние допущенных погрешностей на достоверность результатов испытаний. Даны наиболее вероятные зоны распределения прочности двухосно нагруженного бетона.

УДК 691.327:666.974.4

Горчаков Г. И., Михайловский В. П., Пименов А. Т. Решение задачи о монолитности слоистой системы. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 35—37, ил. 3, список лит.: 3 назв.

Представлена логическая схема решения задачи о монолитности отделочного слоя. Методом активного эксперимента исследованы его свойства, зависимость которых от структурных характеристик объемной концентрации цементного теста  $C$  и истинного водоцементного отношения  $W$  показана графически. Описана номограмма «состав — структура — свойства» для подборов составов слоев с заданными свойствами.

УДК 693.547.3.003.1

Бессер Я. Р. Технико-экономические показатели зимнего бетонирования. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 37—39, табл. 3, список лит.: 3 назв.

На основе практического опыта и технико-экономических расчетов определены основные факторы, определяющие удорожание бетонных работ в зимнее время. Приведены фактические и расчетные данные по основным методам зимнего бетонирования.

УДК 69.059.22:614.87:691.327

Богословский В. Н., Ройтман В. М. Взрывообразное разрушение бетона при пожаре. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 39—41, ил. 4, список лит.: 5 назв.

Предлагается гипотеза взрывообразного разрушения бетона в условиях высокотемпературного воздействия. Описываются общие принципы построения методов и средств диагностики этого вида разрушения. Даны некоторые результаты экспериментальной проверки предложенной гипотезы и показана область возможного использования полученных закономерностей.

УДК 691.327:666.973.2

Вольф И. В. и Брагинский В. Г. ГОСТ на щебень из доменного шлака для бетона. — Бетон и железобетон, 1978, № 6, с. 42—43.  
Показана эффективность производства щебня из доменного шлака и возможность применения его в бетонах. Рассмотрены причины, вызвавшие необходимость переработки ГОСТ 5578—65. Изложены основные положения нового стандарта.

## CONTENTS

- Karavaev G. A.* Industrialization is the foundation of technical progress
- Rudenko V. A., Shilkin P. I.* Strength and deformable properties of slag—pumice—concrete wall panels
- Minas A. I., Nanazashvili I. Kh.* Specific properties of arbolite
- Ivanov G. S., Krikunov O. I., Dmitriev A. I., Topilsky G. V.* Technology of restoration the water impermeability of pressure pipes
- Epshtein V. L., Kheilo Yu. A., Roizin P. G.* Production of three—dimensional blocks for tunnels using the universal moulding equipment
- Madatyan S. A.* Accounting of reinforcement prestressing effects at calculation the strength of bending elements
- Kudzis A. P., Notkus A. I.* Errors in biaxial tests of concrete
- Gorchakov G. I., Mikhailovsky V. P., Pimenov A. T.* Solution of problem concerning the impermeability of laminated system
- Bogoslowsky V. N., Roitman V. M.* Explosion like failure of concrete, under fire conditions

## CONTENU

- Karavaev G. A.* L'industrialisation — c'est la base du progres technique
- Roudenko V. A., Chilkine P. I.* Les caracteristiques de resistances et de deformations des pabbeaux muraux en laitier—ponce—beton
- Minas L. I., Nanazachvili I. Kh.* Les proprietes specifiques d'arbolithe
- Ivanov G. S., Krikounov O. I., Dmitriev A. I., Topilsky G. V.* La technologie de retablissement le l'impermeabilite des conduites forcees
- Epchtein V. L., Kheilo Y. A., Roizine P. G.* La fabrication plots volumetrigues pour les tunnels avec l'utilisation de l'equipe-ment universel de formage
- Madatjan S. A.* La prise en consideration des effets de la mise sous la precontraint des armatures pour calculer la resistance des elements sollicites en flexion
- Koudzis A. P., Notkous A. I.* Sur les erreurs dans les essais biaxiaux du beton
- Gortchakov G. I., Mikhajlovsky V. P., Pimenov A. T.* La solution du probleme sur la monolithisme du systeme stratifie
- Bogyslowsky V. N., Rojzman V. M.* La destruction explosive du beton pendant l'incendie

## INHALTSVERZEICHNIS

- Karawaew G. A.* Industrialisierung ist eine Grundlage des technischen Fortschrittes.
- Rudenko W. A., Schilkin P. I.* Festigkeits— und—Verformbarkeitscharakteristiken von Wandplatten aus Schlackenbimsbeton.
- Minas A. I., Nanasaschwili I. Ch.* Spezifische Eigenschaften des Arbolits.
- Iwanow G. S., Krikunow O. I., Dmitrijew A. I., Topilskij G. W.* Technologie der Rückbildung der Wasserundurchlässigkeit von Druckrohren.
- Epstein W. L., Chejlo Ju. A., Rojsin P. G.* Fertigung von universellen Formeinrichtung.
- Madatjan S. A.* Berechnung von Vorspannungswirkungen der Bewehrung mit der Rechnung der Festigkeit von auf Biegung beanspruchten Bauelementen.
- Kudzic A. P., Notkus A.—I. I.* Über Fehler von zweiachsigen Prüfungen des Betons.
- Gortschakow G. I., Michailowskij W. P., Pimenow A. T.* Lösung der Aufgabe über Fugenlosigkeit des schichtigen Systems.
- Bogoslowskij W. N., Rojzman W. M.* Explosionsartiger Betonbruch während des Brandes.

Редакционная коллегия: И. Н. Ахвердов, Ю. М. Баженов, В. Н. Байков, А. И. Буракас, Ю. В. Волконский, А. А. Гвоздев, А. М. Горшков, Г. С. Иванов, В. Т. Ильин, Н. М. Колоколов, М. Г. Костюковский, А. А. Лейрах, В. В. Михайлов, К. В. Михайлов (главный редактор), А. П. Морозов, В. М. Москвин, Д. А. Паньковский, В. С. Подлесных, С. И. Сименко, Д. М. Чудновский, А. В. Шерстнев, А. А. Шлыков (зам. главного редактора)

Адрес редакции:

103006,  
Москва, ГСП-4,  
Каляевская, 23а

Телефоны:  
250-18-54  
250-24-35

Технический редактор

САНГУРОВА Е. Л.

Корректор

СТИГНЕВА О. В.

Сдано в набор 13/IV 1978 г.  
Подписано к печати 12/V 1978 г.  
Т-07094  
УИЛ 7,57 Бумага 60×90½  
Печать высокая  
Объем 6 печ. л.  
Тираж 22 325 экз. Зак. 281

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

## По страницам зарубежных журналов

Alcock W. J., Nathan N. D. *Работа преднапряженных железобетонных колонн при внецентренном сжатии*. — «J. Prestressed Concrete Inst.», 1977, VII—VIII, Vol. 22, № 4, p. 50—61, 15 ill. Bibliogr. 4 ref. (англ. — США).  
Изложена методика и приведены результаты исследования преднапряженной железобетонной колонны таврового сечения для проверки применявшейся ранее для теоретического расчета математической модели. Предложены рекоманды параграфов норм Американского института бетона для преднапряженных элементов с полками. Хотя зависимость кривизны от момента недостаточно удовлетворительно согласуется с теоретическими значениями, общее поведение колонны было точно прогнозировано. Доказана целесообразность применявшейся для расчета математической модели.

Frondistou—Yannas S. A., Dietz G. L. *Экономическая эффективность пропитанного полимерами бетона*. — «J. Prestressed Concrete Inst.», 1977, VII—VIII, Vol. 22, № 4, p. 62—79, 4 ill., 9 tab. Bibliogr. 8 ref. (англ. — США).  
Исследована экономическая возможность применения бетона, пропитанного полимерами, в промышленности сборного железобетона. Разработан проект завода для производства сборных элементов из такого бетона. Сравнивается стоимость бетона, пропитанного полимерами, и обычного при производстве сборных панелей.

Chou T. *Оптимизация железобетонных балок T-образного сечения*. — «Proc. Amer. Soc. Civ. Engrs», 1977, VIII, Vol. 103, ST 8, p. 1605—1617, ill., 1 tab. Bibliogr. 9 ref. (англ. — США).  
Рассматривается методика расчета оптимальных параметров железобетонных балок T-образного сечения: оптимальной рабочей высоты сечения балки и площади сечения стальной арматуры. Решение задачи сводится к минимизации функции стоимости, выражаемой суммой стоимости растянутой арматуры и бетона на единицу длины балки. Расчеты показали, что оптимальный процент армирования, как правило, меньше заданного в нормах максимального.

Iqbal M., Hatcher D. S. *Работа железобетонных балок при выкрашивании бетона*. — «Proc. Amer. Soc. Civ. Engrs», 1977, VIII, Vol. 103, N ST8, p. 1643—1654, 13 ill., 1 tab. Bibliogr. 10 ref. (англ. — США)

Описана методика и приведены результаты исследования работы железобетонных балок при выкрашивании бетона. Изучено влияние продольной и поперечной арматуры в сжатой зоне на работу балок в ней после выкрашивания бетона. Испытания на поперечный изгиб однопролетных балок прямоугольного сечения 12,5×25 см, нагруженных двумя сосредоточенными силами, показали, что непрерывная сжатая арматура значительно увеличивает несущую способность балок.

Китаг Р. *Проектирование железобетонных балок-стенок с частично заданной геометрией арматуры*. — «Proc. Instn Civ. Engrs», 1977, IX, Vol. 63, Part 2, p. 563—567, 8 ill., 1 tab. Bibliogr. 18 ref. (англ. — Англия)  
Представлен аналитический метод расчета железобетонных балок-стенок и других конструкций, для которых применим расчет методом эквивалентной фермы. Рассмотрены случаи приложения нагрузки на уровне верхнего или нижнего поясов. Приведены примеры расчета для прямого и косвенного нагружения в местах пересечения балок-стенок.

Butler D. J. *Расчет прочности заземленных железобетонных колонн*. — «Mag. of Concrete Research», 1977, IX, Vol. 29, N 100, p. 113—122, 8 ill., 1 tab. Bibliogr. 9 ref. (англ. — Англия)  
Изложен приближенный метод расчета прочности колонн жестких железобетонных каркасов зданий, основанный на предполагаемом снижении жесткости колонны при повышении нагрузки. Показано, что по сравнению с расчетами на ЭВМ предложенный метод позволяет прогнозировать вызывающие потерю устойчивости нагрузки с большей точностью (среднее значение 99%, коэффициент разброса 4%). Рассмотрено симметричное армирование и заземление колонн при изгибе в одной плоскости.

Brooks J. J., Neville A. M. *Сравнение ползучести, упругости и прочности бетона при растяжении и сжатии*. — «Mag. of Concrete Research», 1977, IX, Vol. 29, N 100, p. 131—141, 12 ill., 6 tab. Bibliogr. 15 ref. (англ. — Англия).  
Описан метод изготовления образцов в форме цилиндра с коническими расширениями на концах. Прочность на растяжение сравнивается с прочностью на сжатие, определенной стандартными испытаниями, в зависимости от времени. Приведены данные о

модуле упругости при растяжении и сжатии и установлено влияние возраста бетона на ползучесть и ее последствие. Показаны характеристики прочности, модуля упругости, ползучести и последствие ползучести с учетом нагрузки и условий хранения образцов на поглощение воды цементным тестом. Предложенный механизм ползучести представляет собой комбинацию теорий фильтрации и вязкого сдвига.

Frondistou—Yannas S. *Прочность при изгибе бетона, армированного беспорядочно ориентированными отрезками стекловолокна (США)*. — «Mag. of Concrete Research», 1977, IX, Vol. 29, N 100, p. 142—146, 4 ill., 1 tab. Bibliogr. 6 ref. (англ. — Англия)  
Доказана возможность использования модели, разработанной для бетона, армированного отрезками стальной проволоки, и для цементных композиций с беспорядочно ориентированными отрезками стекловолокна, для определения ожидаемой прочности материала на изгиб. При содержании 1—2% стекловолокна теоретические значения прочности на изгиб армированного бетона отличаются от экспериментальных не более чем на ±15%.

Cridland L., Bakoss S. L., Burfitt A. J. *Установка для испытания бетона на ползучесть*. — «Mag. of Concrete Research», 1977, IX, Vol. 29, N 100, p. 147—150, 4 ill., 1 tab. (англ. — Англия)  
Разработана недорогая установка с плоским домкратом и гибкой мембраной для испытания бетона на ползучесть, рассчитанная на образцы размером 130×130×380 мм и максимальную нагрузку 170 кН. Приведена методика тарирования домкрата установки. Длительная эксплуатация установки показала, что на протяжении трех лет заданная нагрузка может поддерживаться с точностью 3%.

Kafgy I. D. *Потребности энергии при температурно-влажностной обработке бетона*. — «Precast Concrete», 1977, Vol. 8, N 8, p. 391—394, 5 ill., 1 tab. (англ. — Англия)  
Рассматриваются системы с применением нагрева от внешнего источника тепла (паровая обработка, подача пара, обработка горячим воздухом, горячей водой, нагрев инфракрасными лучами и пр.) и путем создания тепла внутри бетона (методы электропрогрева).

## К сведению авторов!

Направляемые в редакцию рукописи статей должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Рукописи представляются в двух экземплярах и сопровождаются актом экспертизы.
2. Содержание статьи излагается предельно кратко и ясно, с практическими рекомендациями и выводами. Объем рукописи не должен превышать **7 стандартных машинописных страниц, напечатанных через 2 интервала**, включая таблицы, выводы и список литературы. Формулы следует писать разборчиво.
3. Иллюстративный материал (3—4 рисунка, желательно фото на глянцевой бумаге) также представляется в двух экземплярах. Графики и схемы должны быть четкими, не перегруженными излишними линиями, обозначениями и размерами, все позиции следует нумеровать цифрами и выносить их в подрисовочные подписи (прилагаются на отдельном листе).
4. Таблицы должны быть компактными и по возможности упрощенными.
5. В тексте статьи приводятся ссылки на рисунки, таблицы и литературу. Список литературы должен быть ограничен **4—5 названиями**, он входит в объем статьи.
6. Рукопись (в первоначальном виде и после доработки) должна быть обязательно подписана всеми авторами. Необходимо сообщить фамилии, имена, отчества всех авторов (по паспортным данным), домашние адреса с **шестизначным индексом**, место работы, телефоны.
7. Следует представлять в двух экземплярах отпечатанный на машинке реферат объемом **3—4 предложения**.

Материалы, не удовлетворяющие указанным требованиям, редакция не рассматривает.