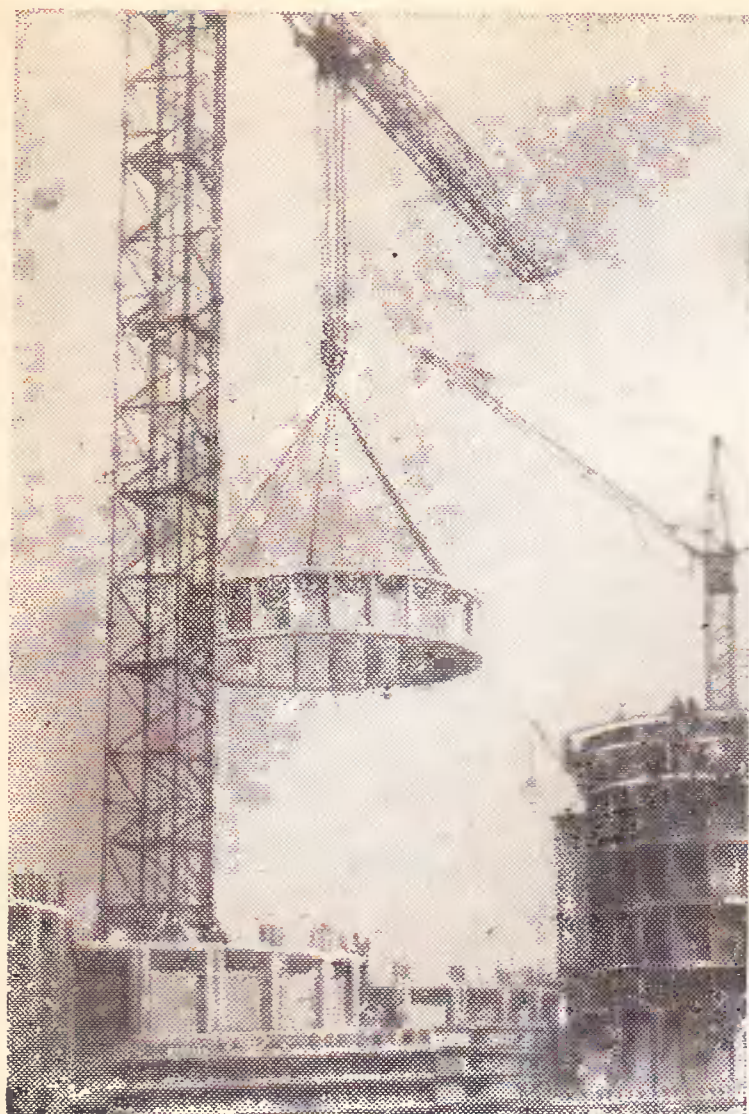




БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

СОДЕРЖАНИЕ

Решения XXV съезда КПСС — в жизнь!

Митник Г. С., Фоломеев А. А., Лучанский Г. Я. Гнутые профили для форм

Трибуна соревнующихся

Антонов Г. Н., Ефремов А. В. Заводская пятилетка и научно-технический прогресс

Заводское производство

Семенов А. Н. Бетону кладочный из агрегатированных узлов

Королев К. М., Малинина Л. А., Курепин Р. Н., Мухин В. И., Нехамин Ю. Г., Фомин Ю. Е., Платонова Г. Н., Денисюк Е. Ф. Предварительный паропропуск бетона бетонной смеси

Олехнович К. А. Выбор технологических режимов уплотнения бетонных смесей на виброплощадках

Бетоны

Гладков В. С., Поляков Б. И. Сравнительные исследования бетонов с различными комплексными добавками

Барташевич А. А., Далецкий А. К., Юхневский П. И. Цементно-полимерный бетон с комплексными добавками

Добрякова Л. И., Фуников А. Г. Декоративные бетоны для наружной отделки зданий в северных районах

Щербаков А. С., Толкачик С. В., Подчуфаров В. С., Гуревич А. А., Бугерин В. М. Влажностные деформации арболита

Рабинович Ф. Н. О свойствах цементного камня, армированного ориентированными стекловолокнами

Конструкции

Левитин А. Л., Федосенко Н. М., Арпаксид М. А., Буракас А. И., Кривошеев П. И., Чемер А. В., Водопьянов Л. В. Опыт применения преднапряженных коробчатых настилов длиной 18 м

Субботин Д. М., Светов А. А. Усовершенствование ребристых плит размером 3x6 м

В помощь заводским лабораториям

Тышкевич Ю. А., Лемехов В. Н. Метод определения прочности бетона труб путем испытания колец

Долговечность

Журавель А. Ф., Кухарь Г. П. Испытательный стенд с пневматической подушкой для плит размером до 3x12 м

Карлина И. Н., Чернов А. В. Коррозия бетона в дихлорбутене

Силаенков Е. С. Повышение трещиностойкости изделий из автоклавных ячеистых бетонов

В помощь проектировщику

Пашков О. И. К вопросу проектирования прямоугольных пустотелых сечений при сложных деформациях

Новожилов Л. А., Фролов В. Н. Реконструкция резервуара с учетом его действительной работы

Стандарты и нормативные документы

Маркаров Н. А., Рябцева М. П. Учет фактора времени при расчете трещиностойкости преднапряженных конструкций

Корнев Н. А., Бужевич Г. А., Чиненков Ю. В., Кудрявцев А. А., Петрова К. В., Волков И. В. Совершенствование методов расчета и проектирования конструкций из бетонов на пористых заполнителях

Вопросы качества

Иванов И. А., Макридин Н. И., Сильванович Т. Г. О значении обратимости деформаций конструктивного керамзитобетона

В порядке обсуждения

Свечин Н. В. О природе переводных коэффициентов

В Госстрое СССР

О развитии ударной технологии производства сборного железобетона и повышении качества изделий

На ВДНХ

Сетчатый электронагреватель

Трубчато-стержневые и уголково-стержневые электронагреватели

Нам пишут

Усынин В. В. Система управления электромагнитным вентилем при теплоносителя в агрегаты периодического действия

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ с апреля 1955 г.

10

[259]

ОКТАБРЬ 1976



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

Москва

© СТРОЙИЗДАТ, 1976



«Значительно улучшить качество, расширить сортамент металлопродукции и сэкономить за счет этого в 1980 г. в народном хозяйстве 5—6 млн. тонн металла. Увеличить в 1,5—2 раза выпуск эффективных видов металлопродукции: холоднокатаного листового проката, листового проката с покрытиями, гнутых профилей...»

«Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы».

Канд. техн. наук Г. С. МИТНИК,
инженеры А. А. ФОЛОМЕЕВ, Г. Я. ЛУЧАНСКИЙ (НИИЖБ)

УДК 691—417.5

Гнутые профили для форм

Парк стальных форм в промышленности сборного железобетона превышает 1,5 млн. т. Ежегодно на оснащение новых предприятий, реновацию и ремонт форм расходуется около 400 тыс. т стали. При столь больших затратах металла в настоящее время отчетливо наблюдается тенденция дальнейшего роста металлоемкости форм, что связано не только с увеличением объема производства, но и с повышением требований к качеству сборного железобетона.

Снижение массы форм при обеспечении достаточной их жесткости — одна из основных задач, стоящих перед промышленностью сборного железобетона. В определенной степени она может быть решена при применении тонкостенных гнутых профилей, эффективность которых доказана практикой [1].

Следует отметить, что при этом не только расширяется область рационального применения гнутых профилей в строительстве, но и представляется возможным перейти к более эффективным конструктивным решениям поддонов и бортов, а также повысить технологичность изготовления форм. Эти обстоятельства были выявлены в результате работ, проведенных в НИИЖБе в 1973—1975 гг.

Целесообразность замены в несущем каркасе поддона прокатных балок гнутыми профилями диктуется следующими соображениями. Обычно поддон состоит из верхней обшивки и несущего каркаса, балки которого выполняются из одиночных швеллеров или в виде коробок из двух швеллеров с полками,

обращенными друг к другу (рис. 1,а). При толщине верхнего листа до 6 мм такие балки еще можно применять, поскольку верхняя полка швеллеров позволяет раздвинуть и уменьшить сварные швы, крепящие обшивку. К тому же суммарная площадь верхних полок швеллеров соизмерима с площадью листа обшивки, и значит, наличие верхних полок в балках позволяет поднимать центральную плоскость сечения, благодаря чему уменьшается деформативность поддона при изготовлении на нем преднапряженных изделий.

В настоящее время для повышения

качества поверхности изделий применяют обшивку из листа толщиной 8—12 мм, что позволяет исключить верхние полки в балках (рис. 1,б). При этом уменьшается длина сварных швов, а положение центральной плоскости сечения поддона существенно не меняется.

Кроме того, при использовании гнутых профилей практически нет препятствий для перехода от несущего каркаса с продольными и поперечными балками (рис. 1,в) к более рациональной схеме поддона с перекрестными связями [2]. Поддон с диагональной перекрестной решеткой (рис. 1,г) при той же или даже несколько меньшей массе обладает значительно большей жесткостью на кручение и несколько большей жесткостью на изгиб. Но внедрение такой решетки при наличии балок из швеллеров делает изготовление заготовок более трудоемким и усложняет стыковку прокатных балок под углом.

Ознакомление с отечественными и зарубежными стандартами гнутых профилей дало возможность отобрать профили, не имеющие верхней полки (рис. 2). Анализ геометрических характеристик и масс привел к выбору L-образного профиля как наиболее приемлемого из-за наименьшей площади поперечного сечения (при принятой толщине листа), возможности решения балочной клетки по любому варианту, технологичности сборки и сварки конструкции из таких профилей. Гнутый профиль позволяет образовывать и коробчатые балки, если сваривать два профиля полками, обращенными друг к другу (см. рис. 1,б).

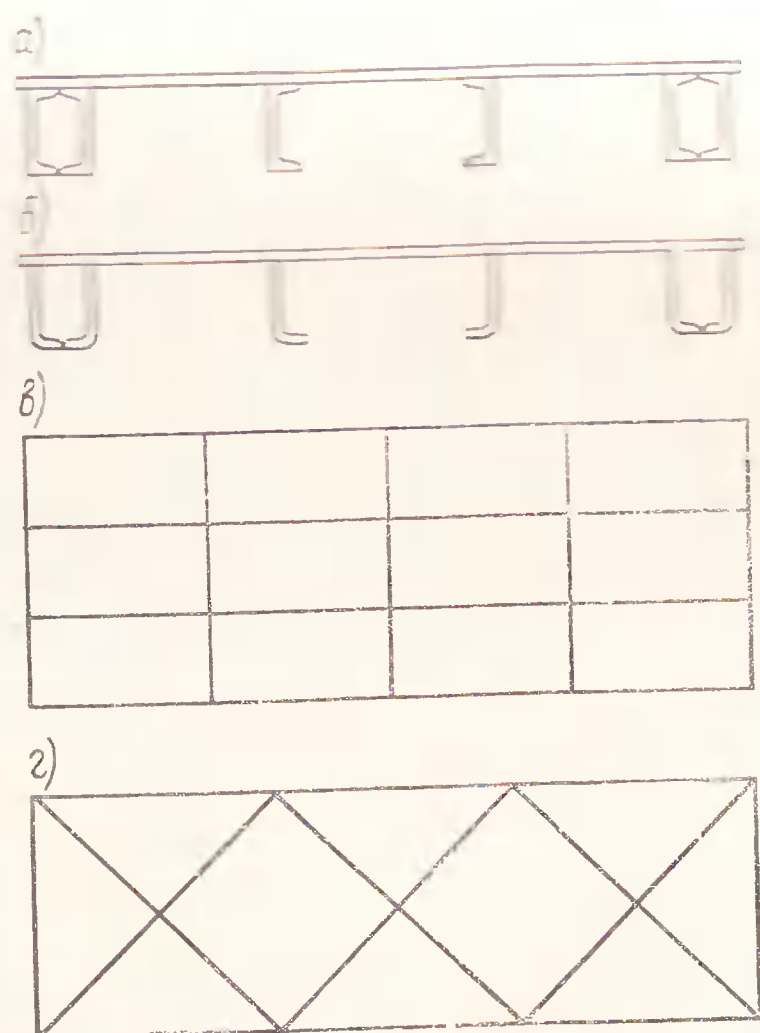


Рис. 1. Варианты конструктивного решения поддона

а — сечение с балками из швеллеров; б — то же, из гнутых профилей; в — несущий каркас из продольных и поперечных балок; г — то же, с диагональными перекрестными связями

В табл. 1 приведены характеристики трех запроектированных поддонов одного размера в плане, примерно одной высоты, отличающихся только типом балки. При одинаковой схеме балочного каркаса L-образный профиль по сравнению с прокатной балкой в конструкциях примерно одинаковой жесткости на изгиб обеспечивает снижение массы на 12%; по приведенному к одинаковой массе моменту инерции эффективность оценивается примерно в 10%. Эффективность по сравнению с U-образным профилем намного выше.

В стандартах гнутых профилей общего и специального назначения L-образные элементы требуемых для поддонов размеров не упоминаются, поэтому встал вопрос о разработке специального сортамента. Этому предшествовали исследования оптимального соотношения высоты и ширины профиля.

Анализ результатов расчетов на изгиб и кручение большого числа поддонов с балками каркаса из гнутых профилей высотой 140—300 мм, шириной полок 50—150 мм, толщиной 4—10 мм при одинаковом размере в плане позволил сделать некоторые общие выводы о влиянии геометрических размеров на характеристики жесткости поддона:

наибольшее повышение жесткости при изгибе и кручении конструкции достигается при увеличении высоты профиля; размер ширины полки сказывается на величине жесткости не очень существенно;

при повышении толщины листа профиля жесткость возрастает в меньшей степени, чем сама толщина.

Экспериментальные исследования подтвердили вывод о нецелесообразности гнутого профиля с широкой полкой по конструктивным соображениям (прирост жесткости незначителен), а также по экономическим (повышение массы профиля).

Для облегчения и удешевления производства гнутых профилей для поддонов при подготовке сортамента принято ограничение числа типоразмеров профилей. Учитывается также возможность применения в поддонах гнутых балок вместе с фасонным прокатом (например, из них выполняются контурные балки), поэтому высота гнутых профилей принята такой же, как и швеллеров, с той же градацией по высоте. Весь сортамент ограничивается восемью позициями при предельных высотах 140 и 300 мм.

На основании теоретических положений [3, 4], подкрепленных нашими исследованиями, оптимальная зависимость ширины и высоты полки профиля определена выражением $b=0,33 h$. Тол-

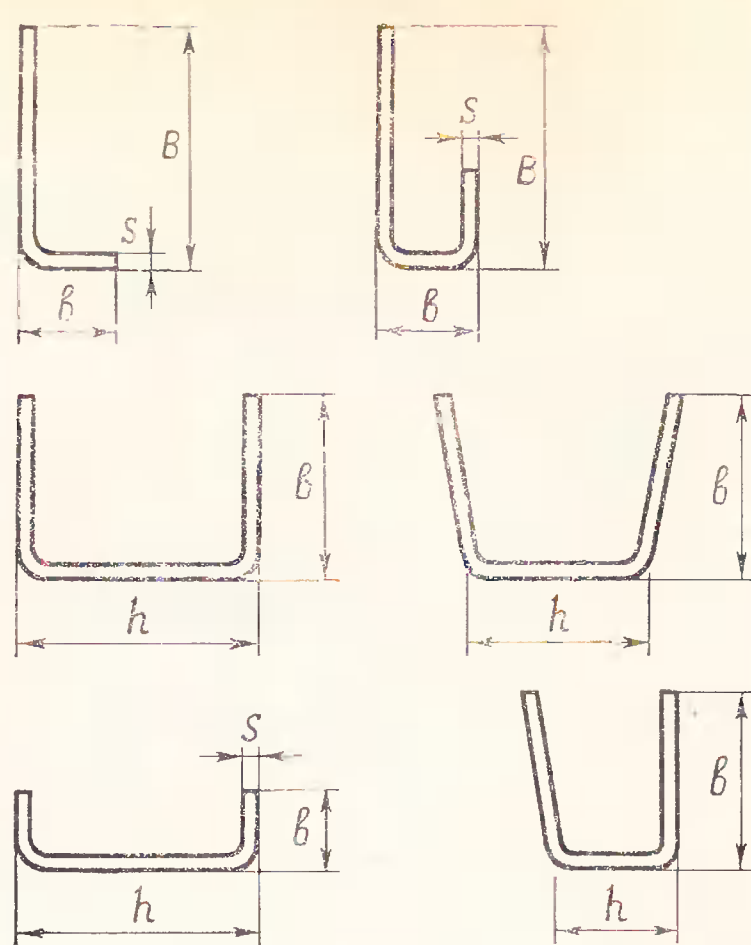


Рис. 2. Профили, приемлемые для использования в формах

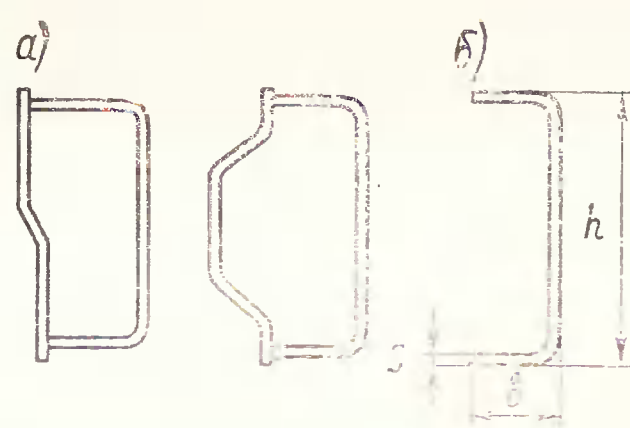


Рис. 3. Борты замкнутого сечения

а — очертания бортов; б — гнутый профиль, замыкающий борт

Таблица 1

Размер поддона в плане, см	Сечение профиля	Высота профиля, мм	Площадь поперечного сечения, см ²	Момент инерции, см ⁴	Масса поддона, кг	Приведенный момент инерции, см ⁴ /кг
240×650	┌—┐	300	395	52 423	2842	18,5
240×650	L	300	372,6	50 968	2530	20,6
250×630	U	312	598,5	50 838	4227	12

Таблица 2

Высота профиля h, мм	Ширина полки b, мм	Толщина листа δ, мм	Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг
140	50	5	9,05	7,07
160	50	5	10	7,84
180	60	6	13,8	10,8
200	60	6	15	11,66
220	60	6	16	12,54
240	75	7	20,5	16
270	75	7	21,9	17,62
300	85	8	29,6	23,1

Примечание. Обозначения h, b и δ см. на рис. 2.

щина профиля из условий долговечности и надежности конструкций с балками L-образного профиля принята от 5 до 8 мм. Радиусы внутреннего закругления назначены в соответствии с указаниями [5].

Предложен сортамент гнутых профилей, заменяющих прокатные балки (табл. 2). Размеры профилей согласованы с соответствующими организациями; с целью унификации параметров рабочих органов профилегибочных агрегатов и удешевления производства ширина полки в балках высотой $h=160, 180$ и 270 мм уменьшена на 5 мм, а при $h=220$ мм — на 10 мм.

Замена прокатных балок гнутыми профилями в том случае, когда конструктивная схема поддона не меняется, позволяет снизить металлоемкость на 10—12%, а при переходе на решетку с диагональными связями расход стали снижается до 22%. По расчетам ежегодная экономия от применения гнутых профилей (при объемах производства оборудования и форм, предусмотренных на 1976—1980 гг.) составит 21,7 тыс. т, или 10,8 млн. р.

Преимущество бортов замкнутого профиля столь очевидно, что в настоящее время почти все формы проектируют с такими бортами (рис. 3). Замкнутый борт образуется рабочей гранью, очертание которой зависит от изделия. и L-образным профилем, привариваемым к этой грани снаружи.

Однако внедрение таких бортов затруднено тем, что только отдельные предприятия, изготавливающие формы, имеют оборудование, необходимое для образования гнутых L-образных профилей, да и то обычно длиной до 1,5 м. Во многих же случаях для замыкания профиля используют фасонный прокат в виде швеллеров или спаренных уголков. Такая конструкция неэкономична и по конструктивным признакам (недостаточная ширина полок швеллеров), и по экономическим (большая масса борта).

Применение гнутых L-образных профилей, поставляемых централизованно, позволит создавать конструкции требуемой жесткости и без стыков по длине, благодаря чему уменьшится масса борта, трудоемкость его изготовления и улучшится качество изделий. В результате анализа существующих стандартов для использования в бортах форм предложены профили, предусмотренные ГОСТ 8278—63, с введением трех дополнительных элементов.

Подготовленный НИИЖБ сортамент L-образных профилей для бортов представлен большим разнообразием элементов по ширине и высоте, чем сорта-

мент профилей для поддонов. Это связано с тем, что толщина изделий, бетонируемых в формах, меняется в значительных пределах. Как следствие, сортамент был подготовлен из 18 типоразмеров высотой от 100 до 400 мм, но исключены разные ширины профилей при одной высоте, в результате чего число типоразмеров уменьшилось до 13 (табл. 3).

Таблица 3

Высота профиля h , мм	Ширина полки b , мм	Толщина листа δ , мм	Площадь сечения, см^2	Масса 1 м, кг
100	80	4	9,73	7,64
120	80	5	13,1	10,3
140	80	5	14,1	11,3
160	120	5	18,4	14,55
180	100	6	21,5	16,8
200	120	7	29,8	23,4
230*	120	7	31,9	25,1
250	120	7	32,6	25,6
280*	140	7	39,2	30,8
300	140	8	44	34,6
330*	140	8	46,4	36,5
360	140	8	48,8	38,3
400	160	8	55,2	43,3

* Профили, не входящие в ГОСТ 8278—63.

Примечания:

1. Профили высотой 100, 120, 160 и 180 мм освоены промышленностью.

2. Обозначения h , b и δ см. на рис. 3.

Выводы

После завершения исследований и разработки проектов сортаментов гнутых профилей для форм следующим шагом является подготовка к выпуску профилей заводами Минчермета СССР, чему должно предшествовать определение потребности различных министерств и ведомств в таком металле. Централизованные поставки следует планировать в первую очередь Минстройдормашу и строительным министерствам для использования на заводах, специализированных на изготовлении форм.

Организациям, ведущим проектирование форм, необходимо предусматривать широкое применение гнутых профилей в разрабатываемых проектах и как можно чаще применять в них рациональные схемы поддонов с диагональными связями из L-образных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котляр Е. Ф. Стальные конструкции из гнутых профилей в строительстве за рубежом. Обзор. ЦИНИС, 1971.
2. Руководство по расчету и проектированию стальных форм. М., Стройиздат, 1970.
3. Ложкин Б. Г. Теоретические основы построения сортамента прокатной стали. — «Вестник инженеров и техников», 1951, № 6.
4. Вахуркин В. М. Наивыгоднейшая форма двутавровых балок. — «Бюллетень строительной техники», 1949, № 21.
5. Методические указания по подготовке материалов о потребности народного хозяйства в гнутых профилях на 1976—1980 гг. УкрНИИМЕТ. Харьков, 1973.

Трибуна соревнующихся

Гл. инженер комбината Кременчугстрой Г. Н. АНТОНОВ,
нач. техотдела А. В. ЕФРЕМОВ

УДК 69.003:658.011.8

Заводская пятилетка и научно-технический прогресс

Полтавский завод ЖБИ-7 комбината Кременчугстрой, выполняя решения XXIV съезда КПСС, успешно, на два месяца раньше срока, справился с заданием девятой пятилетки. За период с 1970 по 1975 г. прирост производства товарной продукции на заводе составил 48,1%, объем реализованной продукции 47,3%, производительность труда 43,6%. Перевыполнены планы по снижению себестоимости продукции и прибыли.

Огромный вклад в выполнение планов 9-й пятилетки внесли коллективы цехов № 2 и № 1, арматурного и ремонтно-механического, которыми руководят тт. В. Ф. Даценко, В. В. Чубко, Л. В. Барановский, В. Н. Полищук. За успехи в 9-й пятилетке 3 заводских работника были удостоены высоких правительственных наград. 21 награжден знаком «Ударник 9-й пятилетки», 40 человек — «Победитель социалистического соревнования».

Успешно трудился заводской коллектив и в I квартале 1976 г. Взяв повышенные обязательства навстречу XXV съезду КПСС, коллектив выполнил двухмесячный план и социалистические обязательства ко дню открытия съезда и был удостоен высокой чести рапортовать съезду о своих трудовых достижениях.

Высокие показатели в работе были достигнуты только благодаря внедрению на заводе достижений научно-технического прогресса, широкого распространения новой техники, передовой технологии, механизации и автоматизации производственных процессов. На это были направлены все усилия рабочих, инженерно-технических работников и служащих. Общественно-политическая и воспитательная работа в цехах и службах завода, на участках и рабочих местах была организована таким образом, чтобы максимально использовать внутренние резервы, обес-

печить прирост продукции не за счет увеличения работников, а за счет интенсивного развития производства.

Еще до начала пятилетки при составлении плана социально-экономического развития коллектива был разработан специальный план мероприятий по реконструкции предприятия и его технического перевооружения. Выполнение всех пунктов этого плана позволило коллективу создать необходимые и прочные предпосылки для выполнения и перевыполнения запланированных на пятилетку объемов производства и реализации продукции.

Основным направляющим и руководящим звеном в вопросах технического перевооружения завода, совершенствования технологических процессов явилась творческая группа. Возглавляемая директором завода, она состоит из главных специалистов, лучших инженеров, конструкторов, технологов, экономистов, начальников, цехов, передовых бригадиров и рабочих.

Творческая группа обсуждает перспективные планы развития, внедрения новой техники, все мероприятия, направленные на совершенствование технологических процессов, модернизацию оборудования и оснастки, улучшение условий труда и быта работников. Творческой группе подчиняется КБ, руководимое опытным конструктором В. И. Кухлевским, участок по внедрению новой техники во главе с инженером-механиком т. Ю. И. Тимофеевко, участок по автоматизации производственных процессов, руководимый талантливым инженером т. А. Н. Шишиным, и заводская проблемная лаборатория.

При обсуждении перспективных планов творческая группа определяет основные направления комплексного развития цехов и участков, реконструкции основных технологических линий или технического перевооружения цехов.

Так, при определении путей развития и технического перевооружения завода на 9-ю пятилетку было принято четыре основных направления:

механизация и автоматизация процессов приготовления бетонов и растворов;

механизация арматурных работ; совершенствование технологии изготовления бетонных и железобетонных изделий;

разработка и внедрение новых современных эффективных конструкций и материалов.

Благодаря широкому творческому поиску и плановой работе творческой группы и всего коллектива завода за годы 9-й пятилетки были решены все вопросы и проблемы, намеченные в указанных направлениях. На заводе было разработано и пущено в эксплуатацию 4 автоматических, 7 новых технологических линий, внедрено более 400 рационализаторских предложений. Это дало возможность обеспечивать весь прирост выпускаемой продукции без увеличения численности работников на тех же производственных площадях.

Освоены новые виды высокоэкономичных легкобетонных несущих и других конструкций, что создало условия для дальнейшего снижения материалоемкости и повышения индустриальности строительных работ. Общий экономический эффект от внедрения всех мероприятий превышает 500 тыс. р., условно высвобождено более 70 работающих. Без ввода мощностей получено дополнительно свыше 12 тыс. м³ сборного железобетона в год.

Для механизации и автоматизации процессов приготовления бетонов и растворов изготовлены роторный питатель цемента, лотковые вибропитатели инертных и дозирочные бачки для воды. Внедрение этого оборудования позволило увеличить точность дозирования, сэкономить материалы, механизировать все процессы и сократить трудозатраты. Экономический эффект составил 45,46 тыс. р. После реконструкции бетонного узла цеха № 2 изготовление бетона увеличилось на 30%.

Дальнейшее совершенствование системы управления механизмами привело к созданию автоматического дозирования по приготовлению бетона и керамзитобетона. Экономический эффект от внедрения автоматизированных систем составил 13,2 тыс. р.

Для механизации арматурных работ внедрен станок для гибки петель многопустотных панелей, что увеличило производительность изготовления, уве-

личило точность, улучшило качество продукции.

Выпуск каркасов свай осуществляется на механизированном станке для навивки спиралей. Выпуск свай увеличился на 22%, улучшилось их качество, производительность труда повысилась в 3,8 раза. Экономический эффект составил 2,5 тыс. р.

Задачи увеличения выпуска продукции и ее удешевления явились предпосылкой для создания линии с применением термически упрочненной арматуры класса Ат-V при изготовлении многопустотных и плоских плит и других изделий. Внедрение линии позволило сократить трудовые затраты, увеличить производительность труда, обеспечить экономию металла. Экономический эффект составил 43,9 тыс. р.

Предложена и внедрена установка для изготовления пустотных блоков стен подвалов с применением вибростола ударного действия. Экономия бетона на каждом блоке составила 0,114 м³, сократились трудозатраты, увеличилась производительность. Экономический эффект только за 1975 г. составил 10,8 тыс. р.

Механизирован процесс распалубки и сборки вертикальных кассетных форм для изготовления внутренних стеновых панелей.

Впервые в нашей стране в содружестве с представителями Харьковского инженерно-строительного института на заводе разработана и изготовлена промышленная установка по изготовлению керамзитобетонных изделий с высокотемпературным прогревом бетона масляным теплоносителем. Сроки термообработки изделий сократились в 2—2,5 раза, на 60% повысились КПД тепловых установок.

Для механизации изготовления линейных элементов внедрена установка, состоящая из вибростола, бетонораздатчика и скипового подъемника. Это позволило разгрузить козловой кран, высвободить одного рабочего, повысить качество уплотнения бетонной смеси.

Внедрение в производство технологической линии для механизированного изготовления свай с обычным и предварительно напряженным армированием (центральным) термически упрочненной сталью класса Ат-V позволило одновременно формовать две сваи. Увеличилась производительность, улучшилось качество продукции. Теперь за одну смену трое рабочих формуют до 30 м³ свай. Экономический эффект составил 2 тыс. р.

Для увеличения несущей способности свай и экономии бетона разработана

предварительно напряженная конструкция, в которой боковая поверхность свай увеличена на 20% по сравнению со свай квадратного сечения (30×30). Масса уменьшена на 140 кг. Экономия бетона при выпуске каждой 100 свай составляет 5 м³. Увеличение боковой поверхности достигнуто за счет полусфер, образованных на всех гранях свай по ее длине.

Одной из важнейших задач является снижение материалоемкости бетонных и железобетонных конструкций и повышение их индустриальности.

Заводские новаторы совместно с работниками Укргорстройпроекта разработали конструкцию плиты ПРЛ-54-3 размером 3×5,4 м из керамзитобетона армированного термически упрочненной сталью класса Ат-V. Плита имеет плавные сопряжения (по радиусам) вертикальных ребер с горизонтальными элементами. Данное решение позволило улучшить внешний вид изделия, ликвидировать концентрации напряжений, снизить массу по сравнению с существующими аналогичными на 30%, уменьшить строительную высоту на 36%, снизить расход стали на 25%. Изготовление и испытание образцов показали положительные результаты.

На заводе была проведена значительная работа по улучшению быта и повышению культуры производства. Построена новая прекрасная столовая, актовый зал на 260 человек, новые бытовые помещения. В 1972 г. за высокую культуру производства коллектив завода был награжден почетной грамотой Минпромстроя СССР.

Высокая культура производства достигается за счет сознательного отношения каждого к своим обязанностям, организации взаимоконтроля. Территория закреплена за цехами и участками, состояние участков постоянно контролируется администрацией и общественными организациями. Регулярно проводятся конкурсы и подводятся итоги смотров на лучшее содержание цехов, участков, закрепленных территорий.

Более сложные задачи стоят перед коллективом завода в новой, 10-й пятилетке, пятилетке качества. Творческая группа разработала широкий план мероприятий по дальнейшему техническому перевооружению завода, направленный на резкое повышение качества выпускаемой продукции, дальнейшее повышение производительности труда, улучшение условий труда и быта рабочих, инженерно-технических работников и служащих.

В настоящее время коллектив успешно выполняет задание первого года пятилетки. За I полугодие 1976 г. объем реализации промышленной продукции составил 1683 тыс. р., плановый объем составлял 1635 тыс. р., а объем реализации в соответствующий период 1975 г. — 1581 тыс. р. Выпущено товарной продукции на 1694 тыс. р. при плане 1645 тыс. р. Производство сборного железобетона увеличилось на 3,5 тыс. м³ по сравнению с I полугодием 1975 г. Выработка на одного работающего составила 5591 р. при плане 5447 р., или на 348 р. больше соответствующего периода прошлого года. Себестоимость товарной продукции снижена против соответствующего периода прошлого года на 101 тыс. р.

Вышли в свет:

Агаджанов В. И. Экономика повышения долговечности и коррозионной стойкости строительных конструкций. М., Стройиздат, 1976. 112 с. (Экономика строительства). 8 000 экз., 32 к.

Алексеев С. Н., Розенталь Н. К. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде. М., Стройиздат, 1976. 208 с., 6 000 экз., 70 к.

Байков В. Н., Сигалов Э. Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Стройиздат, 1976. 783 с., 40 000 экз., 1 р. 86 к. (Учебник для студентов вузов).

Бетоны на естественных пористых заполнителях Камчатки. Сборник научн. работ. Под ред. Е. П. Холошина. Петропавловск-Камчатский, Дальневосточн. кн. изд., Камчат. отд-ние, 1976. 139 с., 1 000 экз., 62 к.

Заводское производство

Инж. А. И. СЕМЕНОВ (Гипростроммаш)

УДК 693.524.52—934

Бетоноукладчики из агрегатированных узлов

Железобетонные изделия на предприятиях стройиндустрии изготавливают на универсальных формовочных постах, предназначенных для формования широкой номенклатуры плоскостных (плит, панелей и др.) и линейных (свай, колонн, балок и др.) изделий, а также на специализированных формовочных постах поточно-конвейерных линий, предназначенных для изготовления одного изделия, или узкой номенклатуры однотипных изделий.

На поточно-конвейерных линиях часто имеется два формовочных поста (на первом укладывается нижний слой бетонной смеси, а на втором — верхний при формировании трехслойных железобетонных изделий; или на первом производится укладка керамзитобетона, а на втором — слой фактурного раствора при формировании однослойных железобетонных изделий, или на первом формируются ребра изделия, а на втором — тело плиты при формировании ребристых изделий покрытий 3×12 или 1,5×12 м. Для укладки бетонной смеси на этих постах серийно изготавливаются четыре типа бетоноукладчиков, из них два универсальных и два специализированных для формования плоскостных изделий шириной до 3,6 и для формования плоскостных изделий шириной до 2 м.

Путем многократных обследований выявлено, что сложные универсальные бетоноукладчики на заводах ЖБИ используются для формования на специализированных формовочных постах изделий очень узкой номенклатуры или даже одного изделия. Кроме того, их применяют на специализированных формовочных постах для выполнения только одной технологической операции. В этих случаях агрегаты и механизмы бетоноукладчиков, которые в конкретном технологическом процессе не участвуют, снимаются как ненужные. На-

пример, широкий бункер, вибронасадок с заглаживающим устройством и привод подъема вибронасадка бетоноукладчика СМЖ-162 снимают, когда он используется для формования только линейных железобетонных изделий или для ук-

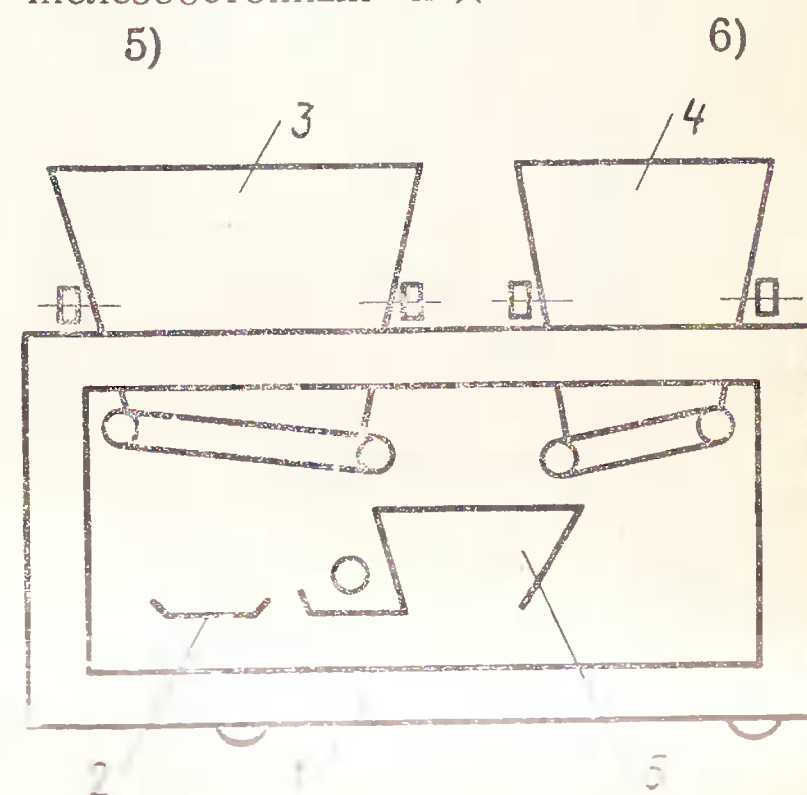


Рис. 1. Бетоноукладчик СМЖ-162
1 — самоходная рама; 2 — заглаживающее устройство; 3 — бункер большой с питателем; 4 — бункер малый с питателем (2 шт.); 5 — вибронасадок

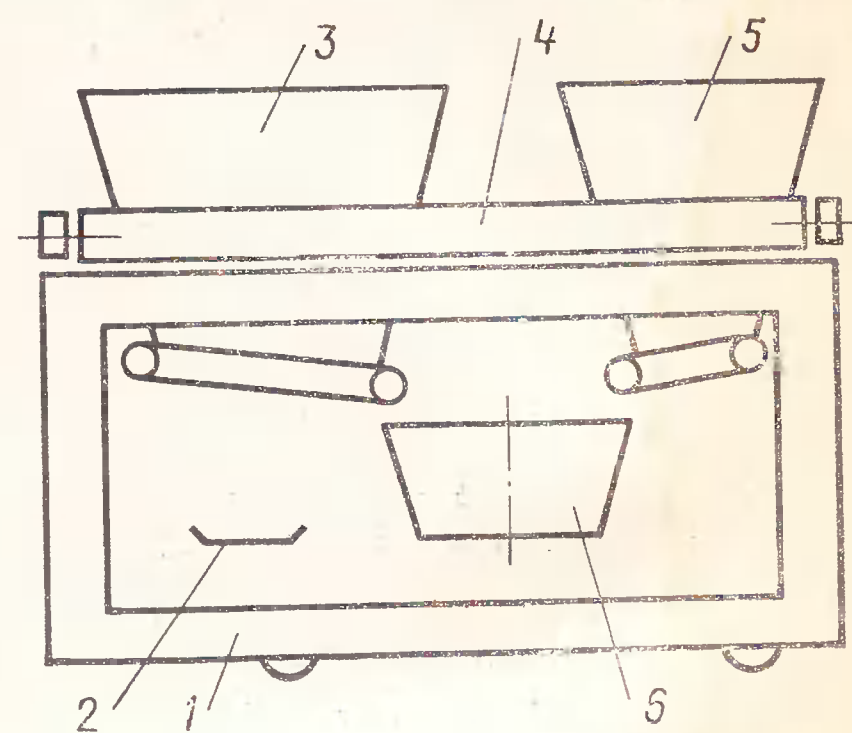


Рис. 2. Бетоноукладчик СМЖ-166А
1 — самоходная рама; 2 — заглаживающее устройство; 3 — бункер; 4 — тележка; 5 — бункер; 6 — подъемно-поворотная воронка

ладки смеси только в ребра панелей покрытий. Общая масса снимаемых агрегатов превышает 5500 кг. С этого же бетоноукладчика снимают оба малых бункера при формировании сплошных плоскостных железобетонных изделий. Масса снимаемых агрегатов превышает 3000 кг.

Для специализированных формовочных постов целесообразны простые по конструкции, малогабаритные бетоноукладчики специального назначения. Однако создание новых бетоноукладчиков приводит к увеличению их номенклатуры и к необходимости выпуска их небольшими партиями, что удорожает их производство.

Институт Гипростроммаш предлагает собирать необходимые модификации бетоноукладчиков специального назначения из серийно изготавливаемых узлов, механизмов и агрегатов. Действительная потребность в универсальных бетоноукладчиках в год составит единицы, в настоящее время их изготавливается около четырехсот. Замена только 50% годового выпуска универсальных бетоноукладчиков специализированными снизит расход стали до 860 т в год и экономический эффект составит порядка 2,5 млн. р. в год.

Институт Гипростроммаш предлагает следующие типы бетоноукладчиков из агрегатированных узлов:

Универсальный бетоноукладчик СМЖ-162 (рис. 1). Предназначен для формирования на одном технологическом посту разнотипных плоскостных и линейных железобетонных изделий широкой номенклатуры. Осуществляет предварительное заглаживание верхней открытой поверхности отформованных изделий.

Универсальный бетоноукладчик СМЖ-166А (рис. 2). Предназначен для укладки на одном технологическом посту фактурного слоя и керамзитобетона при изготовлении плоскостных однослойных железобетонных изделий с проемами. Осуществляет предварительное заглаживание верхней открытой поверхности отформованных изделий.

Специализированный бетоноукладчик СМЖ-3507 (рис. 3). Предназначен для формирования плоскостных однослойных изделий. Осуществляет предварительное заглаживание верхней открытой поверхности отформованных изделий.

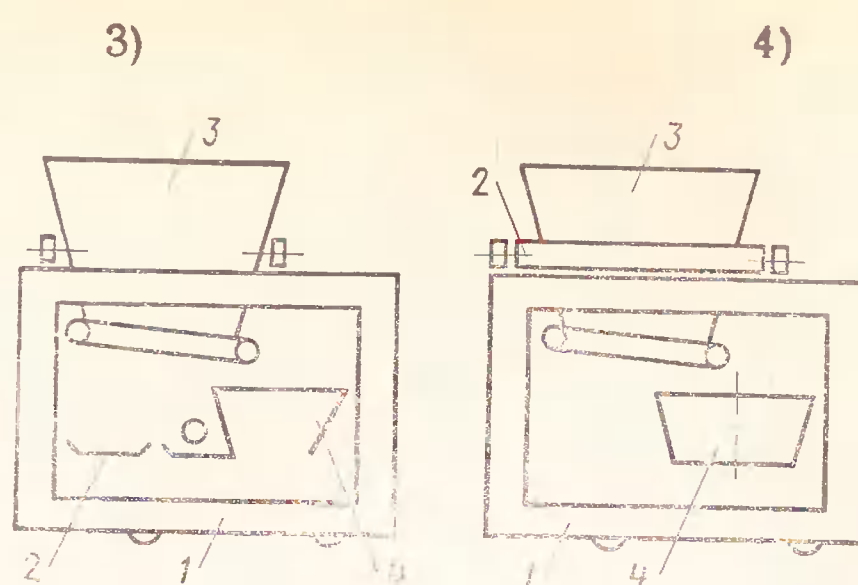


Рис. 3. Бетоноукладчик СМЖ-3507

1 — самоходная рама; 2 — заглаживающее устройство; 3 — самоходный бункер с питателем; 4 — вибронасадок

Рис. 4. Бетоноукладчик под условным шифром III

1 — самоходная рама; 2 — самоходная тележка; 3 — бункер с питателем; 4 — подъемно-поворотная воронка

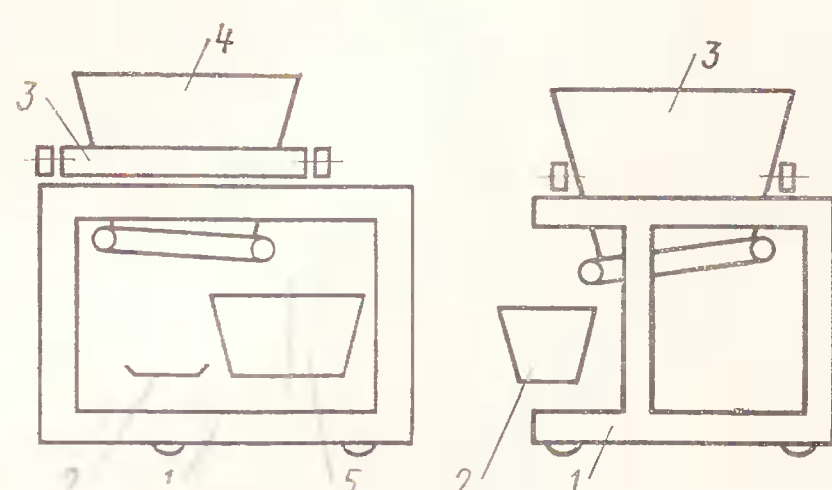


Рис. 5. Бетоноукладчик под условным шифром IV

1 — самоходная рама; 2 — заглаживающее устройство; 3 — самоходная тележка; 4 — бункер с питателем; 5 — подъемно-поворотная воронка

Рис. 6. Бетоноукладчик под условным шифром I

1 — самоходная рама; 2 — подъемная воронка; 3 — самоходный бункер

проемами; для укладки нижнего слоя бетонной смеси при формировании трехслойных плоскостных изделий.

Специализированный бетоноукладчик IV (рис. 5). Предназначен для укладки верхнего слоя тяжелой бетонной смеси при формировании трехслойных изделий с проемами; для укладки фактурного слоя при формировании однослойных плоскостных изделий с проемами. Осуществляет предварительное заглаживание верхней открытой поверхности отформованных железобетонных изделий.

Специализированный бетоноукладчик I (рис. 6). Предназначен для формирования многпустотных панелей перекрытий жилых и производственных зданий и других плоских изделий шириной до 2 м.

С каждым бетоноукладчиком поставляется водораспыливающая головка с резиновым шлангом длиной 3—5 м, предназначенная для орошения поддона водой перед укладкой на него бетонной смеси. Шланг с водораспыливающей головкой крепится вблизи формовочного поста в средней части продольной его стороны.

Технические характеристики предлагаемых бетоноукладчиков представлены в таблице.

Параметры	Индексы бетоноукладчиков					
	СМЖ-162	СМЖ-166А	СМЖ-3507	III	IV	I
Ширина формируемых изделий, мм	3600	3300	3600	3300	3300	2000
Число бункеров, шт.	3	2	1	1	1	1
Емкость бункеров, м³	2,3×1+1	2,1+1	2,5	2,1	2,1	2,5
Скорости передвижения, м/м	1,8; 3,8; 5,9; 11,6	4,7; 9,6; 15; 29,7	1,8; 3,8; 5,9; 11,6	4,7; 9,6; 15; 29,7	4,7; 9,6; 15; 29,7	12,4/18
Колея, мм	4500	4500	4500	4500	4500	2800
Габаритные размеры, мм:						
длина	4700	5200	3362	3362	3362	2600
ширина	6300	6300	6290	6290	6290	4140
высота	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Масса, кг	15000	12000	10500	8300	9500	4600

Специализированный бетоноукладчик III (рис. 4). Предназначен для формирования линейных железобетонных изделий из тяжелой бетонной смеси; для укладки керамзитобетона при формировании плоскостных однослойных изделий с

Предложения института по агрегатированию бетоноукладчиков рассмотрены на секции по оборудованию для производства цемента и сборного железобетона Научно-технического совета Минстройдормаша и рекомендованы к практическому использованию.

Канд. техн. наук К. М. КОРОЛЕВ, д-р техн. наук Л. А. МАЛИНИНА (НИИЖБ),
инженеры Р. Н. КУРЕПА, В. И. МУХИН, Ю. Г. НЕХАМИН
(Главзападуралстрой),
Ю. Е. ФОМИН (Главмосoblстрой), Г. Н. ПЛАТОНОВА, Е. Ф. ДЕНИСЮК (НИИЖБ)

УДК 666.97.035.51

Предварительный пароразогрев бетонной смеси

На основании работ НИИЖБа, Жуковского ДСК Главмосoblстроя и саратовского завода ЖБК № 2 Главприволжскстроя, Славянским заводом строительных машин по чертежам ЭКБ ЦНИИСКА им. В. А. Кучеренко были изготовлены два опытных образца бетоносмесителя СБ-112 емкостью 1000/1500 л, оборудованных устройством для пароразогрева бетонной смеси. Один из образцов был смонтирован на комплексе № 1 объединения «Железобетон» в Перми, а другой — на Щелковском ДСК Главмосoblстроя.

Комплекс № 1 выпускает по агрегатно-поточной технологии преднапряженные пустотные плиты-перекрытия.

Подвод пара под давлением 0,25—0,3 МПа в смеситель осуществляется по трубе диаметром 100 мм с ручным вентилем.

Заполнители и цемент отмеривают с помощью весовых дозаторов с дистанционным управлением. Подача и дозирование холодной воды выполняется с помощью счетчика-водомера. Температура корпуса смесителя измеряется хромель-копелевой термопарой. Для определения мощности, потребляемой двигателем смесителя, характеризующей косвенно подвижность или жесткость бетонной смеси, смонтирован амперметр.

Испытания проводили на портландцементов М400 и М500 Горнозаводского завода с нормальной густотой теста 26—26,5%, песке $M_{кр}=2,0$ Заостровского карьера, известняковом щебне фракции 5—20 мм Чусовского карьера.

Расход цемента на 1 м³ при продолжительности пропарки 9,5 ч был М400 — 275 кг, М500 — 240 кг; при продолжительности пропарки 8 ч цемента М400 — 285, а М500 — 254 кг. Расход заполнителей для всех случаев был одинаков: песок — 775 кг, щебень — 1454 кг. Жесткость смеси — 30—40 с. На один замес в среднем требовалось 70 л воды, остальную часть воды затворения составлял сконденсировавшийся пар. Один замес смесителя составляет 0,825 м³.

Смесь из бетоносмесителя выгружали в бетоновоз, который раздавал ее в бетоноукладчики каждого пролета. Уплотняли ее на виброплощадках с круговыми колебаниями частотой 50 гц с немедленной распалубкой.

Отформованные плиты по 12—14 шт. подавали в ямные камеры, куда поступал острый пар под давлением 0,25—0,3 МПа по перфорированным трубам, расположенным по периметру нижней части камеры. Регулирование режима пропарки осуществляли с помощью автоматического прибора «Пуск ЗС». Время от момента выгрузки смеси из бетоносмесителя до загрузки отформованного изделия в ямную камеру составляло 10—15 мин.

Пропаривание изделий из холодных смесей длится 9,5 ч, из них 2 ч предварительная выдержка, 3 ч подъем температуры, 3 ч изотермическая выдержка и 1,5 ч спуск температуры.

Таблица 1

Температура, °С		Количество, %		Продолжительность, ч
смеси	корпуса смесителя	воды	пара	
70—80 45—55	52—58 35—41	50—60 65—75	50—40 35—25	55—60 35—40

Таблица 2

Число изделий, отформованных из горячих смесей	Температура, °С, изделий перед загрузкой камеры	Время испытания образцов после пропаривания, ч	Прочность, МПа
10	70	12	16,0
60	50	12	15,6
25	70	0,25	15,1
80	50	0,25	15,8
95	50	0,25	15,0
35	70	0,25	16,0

Примечание. Прочность образцов устанавливалась как среднеарифметическая величина по испытаниям трех кубов-близнецов, пропаренных по режиму изделий.

Температура выдаваемой из смесителя горячей бетонной смеси, корпуса смесителя, количество и продолжительность подаваемого пара и воды в смеситель при температуре окружающей среды 20°C показаны в табл. 1.

Потеря температуры смеси при передаче ее от смесителя к форме в среднем составляет 5—7°, а к моменту установки изделия в камеру — 10—15°C. Общая продолжительность приготовления горячей бетонной смеси равнялась 2—2,5 мин.

Число преднапряженных многпустотных плит перекрытий, их температура и прочность бетона представлены в табл. 2.

Испытания позволили установить, что смеси, нагретые до 70°C, труднее уплотняются и быстро схватываются, санитарно-гигиенические условия работы при уплотнении и отделке изделий значительно ухудшаются по сравнению с аналогичными процессами в изделиях из холодных смесей, а наружная поверхность изделий имеет неровности и каверны.

Уплотнение и отделка изделий из смесей, нагретых до 50°C, производится без затруднений, а санитарно-гигиенические условия работы формовщиков и отделочников мало чем отличаются от условий формирования изделий из холодных смесей.

Внешне изделия, отформованные из горячих смесей с температурой 70°C, резко отличались от контрольных, наружные их поверхности имели больше неровностей, а изделия, отформованные из смесей с температурой 50°C, практически не отличались от контрольных.

Были выполнены специальные опыты для определения возможности сокращения цикла тепловой обработки, результаты их представлены в табл. 3.

Из таблицы видно, что предварительный разогрев смеси обеспечивает заданную прочность изделий немедленно после пропаривания в течение 8 ч. Переход на изготовление изделий из горячих смесей позволил сократить про-

должительность пропаривания с 9,5 до 8 ч и увеличить производительность комплекса на 8—10%.

Экономическая эффективность от внедрения одного бетоносмесителя в условиях комплекса № 1 составляет более 103 тыс. р. в год. В 1975 г. было изготовлено 1500 м³, в 1976 г. будет изготовлено более 30 000 м³ изделий из предварительно разогретых смесей.

Щелковский ДСК выпускает изделия для крупнопанельного домостроения, в том числе по кассетной технологии — внутренние несущие перегородки на плотных заполнителях.

Исходные материалы взвешивались с помощью автоматических дозаторов с дистанционным управлением; цикл приготовления горячей смеси составлял 2,5—3,0 мин.

Впуск пара в бетоносмеситель осуществлялся с помощью автоматического прибора ПРТЭ-1М с проходным сечением 50 мм, используемого для работы пропарочных камер в автоматическом режиме. На точке подачи цемента в смеситель смонтирован специальный затвор с электропневматическим приводом. Кнопки впуска пара и перекрытия подачи цемента заблокированы таким образом, что в момент выпуска пара затвор подачи цемента перекрывается.

Из смесителя смесь выгружали в раздаточный бункер, а затем в другой бункер, перемещающийся по рельсовым путям, с которых она краном подавалась к месту укладки. Время нахождения смеси в пути от момента выгрузки из смесителя до загрузки кассет составляло не более 5—8 мин.

Исходными материалами служили портландцемент М 400 Ульяновского завода с нормальной густотой теста 26,7%, песок $M_{кр}=2,1$, щебень известняковой фракции 5—20 мм. Состав бетонной смеси: цемент — 352 кг/м³, песок — 700 кг/м³, щебень — 1166 кг/м³; осадка стандартного конуса 10—14 см.

На замес, равный 1 м³ смеси, требовалось 200 л воды, из них 130—140 л холодной, а остальное — в виде конденсировавшегося пара. Продолжительность подачи пара составляла 1,5—2,0 мин при давлении 0,15—0,2 МПа.

Было приготовлено более 500 м³ бетонной смеси, предварительно разогретой паром.

Прочность при сжатии устанавливалась на основании испытаний трех об-

Таблица 3

Расход цемента М 400, кг/м ³	Продолжительность тепловой обработки, ч	Температура изделий перед загрузкой в пропарочные камеры, °С	Прочность в горячем состоянии, МПа
275	9,5	20	13,0
285	9,5	20	14,7
275	9,5	50	13,7
275	9,5	70	16,8
285	8,0	50	15,0
285	8,0	70	16,0
275	9,0	60	13,9

разцов-близнецов, пропаренных по тому же режиму, что и изделия. Средняя прочность изделий после пропаривания составляла 15,7 МПа при коэффициенте вариации 11,2%. Средняя подвижность смеси была равна 12,2 см при коэффициенте вариации 11,6%.

Поскольку средняя прочность изделий из холодных смесей после пропаривания составляла 14,6 МПа при коэффициенте вариации 12,4%, полученные результаты следует признать вполне удовлетворительными. Наибольшая температура смеси составляла 50—60°С при продолжительности смешивания 2,0—2,5 мин.

При передаче смеси от смесителя к кассетной машине температура снижалась на 6—10°С.

Из-за отставания мощностей по производству панелей наружных стен и доборных изделий на Щелковском ДСК в настоящее время нет необходимости увеличивать оборачиваемость всех кассет. Поэтому принято два направления использования преимуществ горячего формования: применение режимов термообработки изделий, позволяющих уменьшить расход пара и цемента на 1 м³; при сохранении существующего расхода цемента сократить режимы термообработки отдельных кассет для комплексного выпуска продукции.

Испытания показали, что бетоносмеситель СБ-112 является вполне работоспособным механизмом, обеспечивающим выдачу горячей смеси с температурой до 80—85°С. Регулирование подвижности (жесткости) и температуры бетонной смеси не вызывает затруднений после приобретения машинистом-оператором некоторого опыта.

Очистка внутренней полости смесителя при приготовлении горячей смеси

занимает несколько больше времени, чем при приготовлении холодной.

Государственная приемочная комиссия, работавшая на Пермском комплексе № 1, рекомендовала бетоносмеситель к серийному производству и аттестовала его на I категорию качества.

Для обеспечения нормальной работы по приготовлению разогретых смесей корпус бетоносмесителя должен быть теплоизолирован или экранирован. Бетоносмеситель должен иметь приводные затворы, перекрывающие загрузочные патрубки подачи цемента и заполнителей во время пуска пара. Тракт подачи пара нужно оборудовать запорным вентилем $D_v=100$, регулятором давления $D_v=100$, двумя манометрами 0—1 МПа и моторным реле времени.

Выводы

Испытания и производственная проверка показали, что для приготовления предварительно разогретых смесей наиболее оптимальной является технология с короткими и укороченными режимами тепловой обработки, позволяющая получить требуемую распадающуюся прочность без увеличения расхода цемента.

Для расширения области применения предварительно нагретых смесей, позволяющих увеличить оборачиваемость форм, необходимо разработать проекты и построить по ним заводы сборного железобетона с «локальными» бетоносмесительными узлами, т. е. с компоновкой, при которой в каждом пролете имеется БСУ. Это позволит резко уменьшить потери тепла и формовочных свойств горячей смеси.

При модернизации существующих заводов и переходе на изготовление изделий из пароразогретых смесей весьма перспективной может быть технология двухстадийного способа приготовления бетонной смеси для сборного железобетона, когда первоначально полусухая смесь готовится в циклических бетоносмесителях, а затем в двухвальном принудительном бетоносмесителе непрерывного действия, куда подается пар с доведением температуры и консистенции смеси до заданных параметров. Двухвальный принудительный смеситель непрерывного действия во время выдачи смеси одновременно может выполнять роль бетоноукладчика.

Выбор технологических режимов уплотнения бетонных смесей на виброплощадках

Современная технология заводского изготовления сборных железобетонных конструкций характеризуется многообразием способов и технических средств их формирования, а на практике использованием различных типов виброплощадок.

Нужны критерии, которые бы позволили установить близкие к оптимальным интенсивность и продолжительность вибрационного воздействия в зависимости от принятых реологических характеристик бетонных смесей, а также давали бы возможность сопоставлять технологическую эффективность различных виброплощадок и обосновывать их применение в конкретных условиях. Наибольшее признание получил критерий «интенсивность вибрации», использованный в инструкции, разработанной НИИЖБ в 1959 г. Взяв за основу энергетический подход, пришли к выводу, что технологическая эффективность вертикально направленных гармонических колебаний остается неизменной, если произведение квадрата амплитуды смещения на куб частоты колебаний сохраняет свое значение при различных частотах.

Схематизируя процесс объемного уплотнения бетонной смеси, можно предположить, что основное значение имеют силы инерции, которые, действуя со стороны внутренних поверхностей вибрируемой формы на контактирующие с ними частицы, нарушают в бетоне равновесие сил тяжести, сцепления, внутреннего и вязкого трения. За каждый период колебательного движения и за полный технологический цикл силы инерции выполняют определенную работу против статических сил, производят тиксотропное разрушение и уменьшают сопротивление сдвигу, позволяя частицам смеси сближаться под действием сил тяжести и инерции. За часть периода колебаний, когда импульсы сил инерции или их проекций создают напряжение сжатия смеси, прижимая ее к поддону формы, усиливается полезный эффект сближения частиц. За другую часть периода силы инерции вызывают напряжение растяжения смеси и в зависимости от их вели-

чины они лишь ослабляют контакты между зернами заполнителя, способствуя их последующей более плотной переукладке или разрушают структуру смеси, вызывая ее разуплотнение и циркуляционное перемещение. Условимся считать полезной и принимать в расчет только ту часть работы силы инерции, которая создает напряжение сжатия по вертикали. Эта работа, отнесенная к продолжительности всего периода колебаний и к единице приведенной колеблющейся массы, предложена в качестве критерия интенсивности динамического режима, передаваемого на форму с бетонной смесью, и названа средней относительной мощностью динамического воздействия.

Для осуществления предельного уплотнения определенного состава бетонной смеси, вибрируемой вместе с формой, необходимо, чтобы силы инерции выполняли определенную полезную работу. Тогда в диапазоне оптимальных режимов виброуплотнения можно представить простую приближенную зависимость между характером вибрации и реологическими свойствами смеси:

$$A_0 = k N_0 t, \quad (1)$$

где A_0 — удельная полезная работа сил инерции, необходимая для предельного уплотнения бетонной смеси заданного состава;

N_0 — средняя относительная мощность динамического воздействия виброплощадки, определяющая ее технологическую эффективность, Вт/кг;

t — время вибрационного воздействия, необходимое для обеспечения предельного уплотнения бетонной смеси в контрольных образцах с высотой ребра не менее 20 см;

k — коэффициент пропорциональности, учитывающий условия передачи вибрационных импульсов от вибрирующего органа вибромашины на бетонную смесь.

В лабораторных условиях можно принять $k=1$, тогда удельная полезная работа сил инерции A_0 будет характеризовать удобоукладываемость смеси, если известны средняя относительная мощность динамического воздействия лабораторного вибростола и соответствующая продолжительность вибрации, обеспечивающие предельное уплотнение бетонной смеси в образцах. С этой точки зрения легко поддаются анализу и обобщению все ранее опубликованные результаты по исследованию режимов объемного виброуплотнения бетонных смесей в лабораторных условиях. Задача сводится к определению мощности динамического воздействия для наиболее распространенных типов виброплощадок.

Виброплощадки с вертикально направленными гармоническими колебаниями имеют симметричное распределение амплитуд смещения скорости и ускорения колебаний относительно горизонтальной оси графика за каждый полупериод колебаний.

Если сила инерции $I = M_n a \omega^2 \sin \omega t$, а смещение $x = a \sin \omega t$, то $dx = a \omega \cos \omega t dt$ и $dA = I dx$.

Суммарная полезная работа сил инерции за весь период, как было установлено, равна работе за полупериод или удвоенной работе сил инерции за четверть периода колебаний:

$$A = 2 \int_0^a I dx = 2 M_n a^2 \omega^3 \int_0^{\pi/2} \sin^2 \omega t \times \times \Big|_0^{\pi/2} = M_n a^2 \omega^2.$$

Тогда мощность динамического воздействия — это полезная работа сил инерции, отнесенная на единицу приведенной массы и деленная на продолжительность периода:

$$N_0^{\text{гар}} = \frac{M_n a^2 \omega^2}{M_n \frac{2\pi}{\omega}} = \frac{a^2 \omega^3}{2\pi}. \quad (2)$$

Этот критерий также включает произведение $\alpha^2 \omega^3$, но в отличие от «интенсивности вибрации» он имеет определенный физический смысл и позволяет воспользоваться для практических целей прямой зависимостью (1).

В случае использования распространенных в серийных виброплощадках резонансных гармонических колебаний вместо (2) можно записать приближенно:

$$N_0^{\text{гар}} = \left(\frac{G_0 r_0}{Q_n} \right)^2 \frac{\omega^3}{2\pi}, \quad (3)$$

где $G_0 r_0$ — статический момент вибро-возбудителя, Нм;

M_n и Q_n — соответственно, приведенная масса и приведенная сила тяжести вибрируемых узлов вибромашины вместе с формой, включая 15—20% объема бетонной смеси.

Стандартному вибрационному режиму вертикально направленных колебаний ($\alpha=30,5$ мм; $\omega=300$ с⁻¹) отвечает $N_0^{\text{гар}}=0,525$ Вт/кг.

Для виброплощадок с эллипсоидными (круговыми) колебаниями в вертикальной плоскости в выражение (2) следует подставить эквивалентную амплитуду вибро смещения, равную геометрической сумме составляющих.

Виброплощадки на упругих прокладках с вертикально направленными виброударными колебаниями, имеющие наибольшую уплотняющую способность, что доказано в лабораторных и производственных условиях [1, 2], создают максимальную мощность динамического воздействия:

$$N_0^{\text{уп}} = \left(\frac{G_0 r_0}{Q_n} \right)^2 \frac{\pi \omega^3}{4 \delta^2}. \quad (4)$$

Сравнивая зависимости (3) и (4) при одинаковом отношении статического момента вибровозбудителя к приведенной силе тяжести вибрирующих узлов и одинаковой частоте колебаний, найдем, что

$$\frac{N_0^{\text{уп}}}{N_0^{\text{гар}}} = \frac{\pi^2}{2 \delta} \approx 5, \text{ если}$$

принять коэффициент устойчивости виброударных колебаний $\delta=1$ (в общем случае $\delta=0,8...1,2$). Этим объясняется высокая технологическая эффективность колебаний на упругих прокладках при уплотнении жестких бетонных смесей.

При эллипсоидных колебаниях на упругих прокладках (виброплощадки завода «Баррикада») горизонтальной составляющей амплитуды вибро смещения можно пренебречь ввиду преимущественно виброударного режима и также пользоваться выражением (4).

Вибровстряивающие установки с кулачковым приводом в зависимости от конструктивных параметров имеют мощность динамического воздействия [3]

$$N_0^{\text{вс}} = \frac{(Q_n + F)^2 \omega g \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2hc}{Q_n + F}} \right)^2}{4\pi c Q_n}, \quad (5)$$

где c — суммарная жесткость упругих прокладок между подвижной и опорной рамами, Н/м;

h — высота подъема подвижной рамы кулачковыми механизмами, м;

F — сила натяга пригрузочных пружин, Н;

ω — угловая скорость вращения кулачков, рад/с.

В отличие от известных ударных установок типа «Шок-бетон» подвижная рама вибровстряивающих установок поднимается вместе с формой кулачковыми механизмами на высоту 10—15 мм и падает не на стальные рельсы, а на упругие прокладки, жесткость которых подбирается из условия, чтобы частота собственных затухающих колебаний подвижной рамы после падения в 10—20 раз превышала частоту встряхиваний. Это позволяет обеспечить благоприятный санитарно-гигиенический режим на рабочих местах и повысить технологическую эффективность уплотнения [4].

Если в выражении (5) принять, что жесткость опорных элементов (стального рельса) весьма высока, а пригрузочные пружины не применяются ($F=$

$=0$), то можно пренебречь величиной единицы во второй скобке и выражение мощности динамического воздействия для ударных установок примет вид:

$$N_0^y = \frac{g h \omega}{2\pi}. \quad (6)$$

В настоящее время на ряде отечественных предприятий используют ударные установки с высотой подъема рамы кулачковыми механизмами на 3 мм и частотой падения 220 в 1 мин. В этом случае согласно выражению (6) мощность динамического воздействия равна всего 0,11 Вт/кг. В США такие установки применяют с высотой падения подвижной рамы 8 мм и частотой встряхиваний 240 в 1 мин [5], что составляет 0,31 Вт/кг, это меньше мощности динамического воздействия стандартного режима вибрации, но при этом отмечается весьма сильный производственный шум.

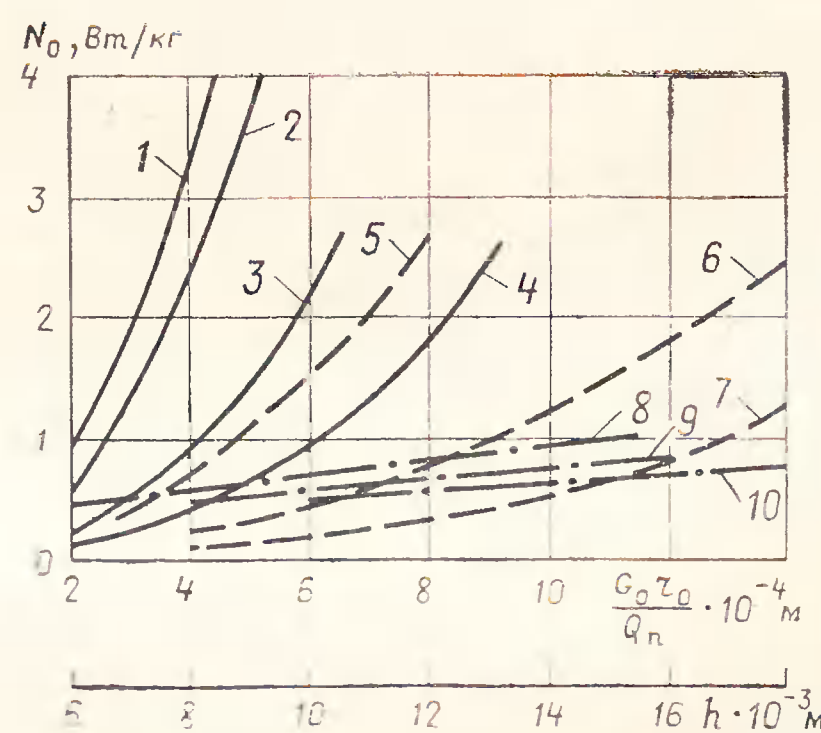
Мощности динамического воздействия для некоторых распространенных вибромашин с вертикальными колебаниями в зависимости от исходных технических параметров, вычисленные согласно зависимостей (3) — (5), приведены на рисунке.

Преимущество предлагаемого критерия «мощность динамического воздействия» по сравнению с критерием «интенсивность вибрации» заключается также в том, что он позволяет оценивать и сопоставлять технологическую эффективность объемного вибрационного воздействия для различных типов виброформирующих машин с вертикальными колебаниями, в том числе и ударных.

В последние годы получили широкое распространение виброплощадки с преимущественными колебаниями в горизонтальной плоскости ввиду экономичности энергозатрат и более простого и надежного способа крепления формы.

Анализ опубликованных лабораторных исследований и производственного опыта свидетельствует о том, что необходимая продолжительность уплотнения горизонтально направленными колебаниями умеренно жестких смесей примерно в 2—3 раза больше, чем вертикально направленными колебаниями с одинаковой частотой и амплитудой смещения. По мере снижения жесткости смесей разница в технологической эффективности вертикально и горизонтально направленных колебаний сглаживается.

Мощность динамического воздействия виброплощадок с гармоническими колебаниями в горизонтальной плоскости можно лишь условно оценивать выражением (2), умножая его на эмпирический коэффициент пропорциональности, кото-



Зависимость мощности динамического воздействия от технических параметров виброплощадок и вибровстряивающих установок

1 — виброплощадка на упругих прокладках, $\delta=1$; $\omega=300$ рад/с; 2 — то же, $\omega=270$ рад/с; 3 — то же, $\omega=200$ рад/с; 4 — то же, $\omega=150$ рад/с; 5 — виброплощадка с вертикально направленными гармоническими колебаниями, $\omega=300$ рад/с; 6 — то же, $\omega=200$ рад/с; 7 — то же, $\omega=150$ рад/с; 8 — вибровстряивающая установка $F=0$; $\omega=30$ рад/с; 9 — то же, $\omega=21$ рад/с; 10 — то же, $\omega=18$ рад/с. Для кривых 8, 9 и 10 смотри нижнюю шкалу

Характеристика бетонных смесей	Пластичные смеси			Жесткие смеси		
	Осадка конуса, см			Удобоукладываемость, с		
	9—7	6—4	3—1	20—40	50—80	100—150
Расход воды, л/м ³ : тяжелого бетона М200—М400	220—190	200—185	185—170	166—155	155—150	150—145
керамзитобетона М150—М300	330—310	310—290	290—275	280—260	260—240	—
аглопоритобетона марки М150—М300	260—220	240—210	230—210	220—200	200—190	—
Удельная работа уплотнения, Дж/кг	10—15	20—25	30—40	45—60	70—120	140—180
Рекомендуемые пределы мощности динамического воздействия, Вт/кг						
Виброплощадки с вертикально направленными гармоническими колебаниями	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8—0,9	1
Виброплощадки с вертикально направленными колебаниями на упругих прокладках	—	—	—	1,5	1,8—2	2,2—2,5
Вибровстряхивающие установки	—	—	0,4	0,5	0,6	0,6
Ударные установки	—	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25

рый при удобоукладываемости бетонной смеси, равной 50—60 с, принимается равным 0,4—0,5; при удобоукладываемости 20—40 с — 0,55... 0,65, при осадке конуса смеси 1—3 см — 0,8 и при большей подвижности может быть приравнен единице. Нецелесообразно назначать мощность динамического воздействия для этих вибромашин при частотах 1500—3000 кол/мин более 0,5—0,6 Вт/кг, так как при этом возникает излишнее проскальзывание бетонной смеси относительно поддона, вызывающее истирание слоя смазки и затруднения при последующей распалубке, а процесс уплотнения не ускоряется.

На экономику сборного железобетона кроме тщательно учитываемых факторов — расхода цемента и сроков тепловой обработки — фактически не в меньшей мере влияют металлоемкость и энергоемкость технологического оборудования, затраты на его техническое обслуживание и ремонт, сроки простоя неисправного оборудования, процент забракованных изделий, превышение фонда заработной платы в целях компенсации за несоблюдение санитарно-гигиенических норм по шуму и вибрации на рабочих местах, текучесть рабочей силы и вызванная этим невысокая квалификация рабочих, а также другие факторы, связанные косвенно или прямо с использованием бетонных смесей повышенной жесткости, что следует иметь в виду.

В производственных условиях целесообразно стремиться к минимально допустимым интенсивностям динамического воздействия, соответствующим принятым составам смеси, что обеспечивает ее более однородное уплотнение и исключает расслаивание, а также создает предпосылки для лучшей сохранности

формовочного оборудования и более благоприятные санитарно-гигиенические условия на рабочих местах. При этом некоторое увеличение времени виброуплотнения практически не увеличивает общую продолжительность технологического цикла формования, определяемого различными вспомогательными операциями [1]. В качестве нижнего предела мощности динамического воздействия для виброплощадок можно принять значение 0,3 Вт/кг, достаточное для качественного уплотнения пластичных бетонных смесей. Верхние пределы мощности динамического воздействия различных вибромашин ограничиваются эксплуатационными факторами: надежностью и долговечностью отдельных узлов, уровнем шума и вибрации, необходимыми размерами и весом фундамента, установочной мощностью двигателей и т. д. Поэтому нет смысла назначать для серийно выпускаемых блочных виброплощадок в вертикально направленными гармоническими колебаниями мощность динамического воздействия более 0,8—1 Вт/кг, поскольку при амплитуде смещения, превышающей 0,4—0,45 мм, узлы этих виброплощадок, включая устройства для крепления форм, недолговечны и ненадежны, а главное вызывают сильный шум. Для виброплощадок с вертикально направленными колебаниями на упругих прокладках этот параметр по условию надежности может быть увеличен за счет виброударного режима до 2,5 Вт/кг и ограничивается массой фундамента и затратами на звукоизоляцию. Мощность динамического воздействия для вибровстряхивающих установок целесообразно назначать в пределах 0,4—0,6 Вт/кг, а ударных установок — 0,15—0,25 Вт/кг, поскольку при большей интенсивности ди-

намического режима они вызывают повышенный шум.

Пределы значений мощностей динамического воздействия приведены в таблице, характеристики смесей в которой заимствованы из Руководства [6]. Удельная работа для их уплотнения посчитана на основании обобщения и анализа результатов лабораторных исследований, опубликованных в отечественной и зарубежной литературе. Данные таблицы позволяют по заданному составу бетонной смеси подбирать ориентировочно соответствующие значения мощности динамического воздействия и тип виброплощадки. Затем по графикам (см. рисунок) или на основании выражений (2) — (6) определяют технические параметры вибромашин.

Примерную продолжительность уплотнения можно устанавливать для слоя бетонной смеси толщиной до 20 см согласно зависимости (1).

При большой высоте изделия бетонную смесь, как правило, укладывают последовательными слоями, что позволяет суммировать время их уплотнения.

Предлагаемая методика оценки и подбора режимов не раскрывает сложного механизма природы вибрационного уплотнения бетонной смеси, но позволяет избегать грубых технологических ошибок при выборе и эксплуатации виброформовочного оборудования и тем самым способствует оптимизации процессов формования сборных железобетонных конструкций с учетом производственных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брауде Ф. Г. Сравнительное исследование процесса уплотнения бетонных смесей на вибрационных, вибрационно-ударных и ударных вибростолах. — В сб. трудов ВНИИГС № 20 М., ЦБТИ Минстроя СССР, 1962.
2. Олехнович К. А. Виброплощадка на упругих прокладках для формования железобетонных безнапорных труб. Реф. инфор. «Строительная индустрия», вып. 12, М., ЦБТИ Минпромстроя СССР, 1973.
3. Олехнович К. А. Установки для формования легкогобетонных изделий. Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР. Строительство, архитектура, строительные материалы и изделия, вып. 9. Киев, «Вища школа», 1975.
4. Олехнович К. А. Установка для формования легкогобетонных конструкций. — «Сельское строительство», 1975, № 11.
5. Roy L. Peck, Chokbeton's newest plant Opens in Pennsylvania, Moderne Concrete, 1964, № 10.
6. Руководство по технико-экономической оценке способов формования бетонных и железобетонных изделий. М., Госстройиздат, 1971.

Кандидаты техн. наук В. С. ГЛАДКОВ, Б. И. ПОЛЧКОВ
(ЦНИИС Минтрансстроя)

УДК 691.327:666.972.16

Сравнительные исследования бетонов с различными комплексными добавками

В современном строительстве широко используются различные добавки, улучшающие технологические и технические свойства бетона. Эффективно применение добавок — регуляторов структуры, например воздухововлекающих [1], значительно повышающих морозостойкость бетона, а также комплексных пластифицирующе-воздухововлекающих, позволяющих, кроме того, снизить водоцементное отношение и компенсировать уменьшение прочности бетона вследствие вовлечения воздуха [2].

Наряду с известными добавками СДБ и СНВ в последние годы предложены новые — СПД (синтетическая поверхностно-активная добавка) и ВРП (водорастворимый полимер). Добавка СПД — нейтрализованный оксидат — является отходом нефтехимического синтеза и по основному эффекту относится к воздухововлекающим добавкам [3]. Целесообразно применять ее в комплексе с СДБ, причем можно вводить оба раствора через один дозатор.

Добавка ВРП обладает пластифицирующим эффектом при добавлении ее в бетонную смесь в дозах, значительно меньших, чем СДБ. При этом добавка ВРП не тормозит твердения бетона, что имеет важное технологическое значение.

Необходимо сравнить с добавкой СДБ и СНВ комплексные добавки СДБ+СПД, ВРП+СНВ, ВРП+СПД для выявления механизма их действия и облегчения выбора.

Исследовали равноподвижные бетонные смеси, имеющие примерно равное воздуходоержание, расход воды и цемента. Предварительно определили дозировки пластифицирующих добавок СДБ и ВРП, приводящие к одинаковому повышению подвижности (или одинаковому снижению V/C при равной подвижности). Для этого в растворные смеси состава 1:2 вводили различные количества добавок и, изменяя расход

воды, добивались одинаковой подвижности смеси. Одновременно определяли содержание воздуха в растворной смеси с помощью воздухомера конструкции ЦНИИС. При минимальных дозировках добавок (до 0,05% от массы цемента) пластифицирующий эффект добавки ВРП выше, нежели СДБ (рис. 1). По мере увеличения содержания добавки этот эффект выравнивается, а при введении добавок более 0,2% пластифицирующее действие СДБ несколько выше. Воздухововлечение в растворной смеси одинаково при введении добавки до 0,1% от массы цемента. По этим графикам определено, что одинаковая подвижность и воздухововлечение могут быть получены при введении добавки СДБ в количестве 0,07% и добавки ВРП — 0,01% от массы цемента соответственно. В дальнейшем для определения влияния комплексных добавок на свойства смеси, оставляя неизменным указанные количества пластифицирующих добавок, варьировали введение воздухововлекающей добавки, добавляя ее в воду затворения (от 0,005 до 0,1% от массы цемента). При этом подвижность раствора была постоянной и несколько выше, чем в предыдущих опытах (рис. 2). Комплексные добавки, включающие в качестве воздухововлекающего компонента СНВ, обладают большим пластифицирующим эффектом, чем добавки, имеющие в составе СПД.

Воздуходоержание по мере увеличения количества СНВ постоянно повышается, в то время как при введении другой комплексной добавки дозировка СПД свыше 0,06% снижает содержание воздуха. Ограниченное количество

воздуха в бетонах, имеющих добавку СПД в производственных условиях, предупреждает снижение прочности при передозировке воздухововлекающей до-

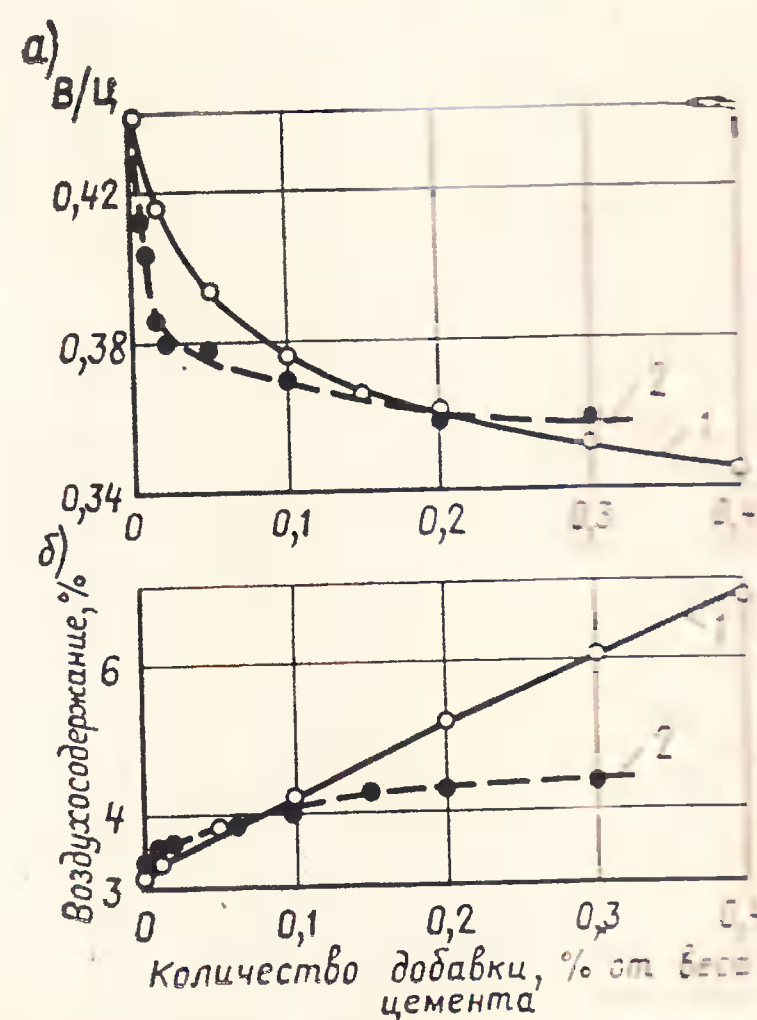


Рис. 1. Влияние пластифицирующих добавок на водоцементное отношение (а) и воздуходоержание (б) растворных смесей
1 — добавка СДБ; 2 — добавка ВРП

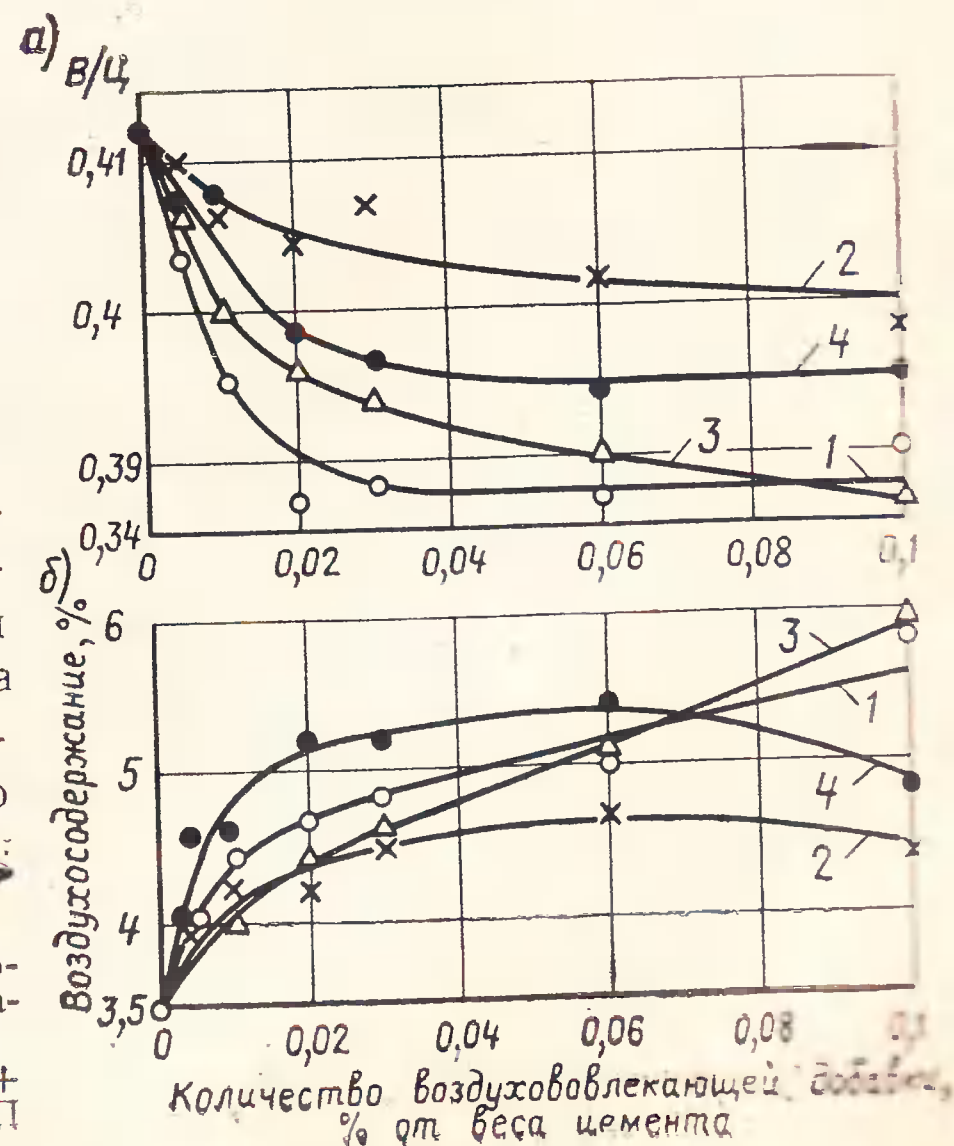


Рис. 2. Влияние комплексных добавок на водоцементное отношение (а) и воздуходоержание (б) растворных смесей
1 — СДБ (0,07%) + СНВ; 2 — СДБ (0,07%) + СПД; 3 — ВРП (0,01%) + СНВ; 4 — ВРП (0,01%) + СПД

бавки. Однако в некоторых случаях по требованиям долговечности в бетоне необходимо обеспечивать достаточно высокое воздухоудерживание, например для строительства морских сооружений, работающих в тяжелых условиях эксплуатации. Полученные результаты позволили подобрать дозировки добавок, обеспечивающие одинаковый пластифицирующий и воздухововлекающий эффект.

Для дальнейших исследований использовали образцы из мелкозернистых бетонов размером $4 \times 4 \times 16$ см для испытаний на прочность при изгибе и сжатии и размером $7 \times 7 \times 21$ см для испытаний на морозостойкость. В качестве материалов применили цемент Белгородского завода марки М500, песок строительный с $M_{кр} = 2,4$; щебень гранитный фракции 5–10 мм. При изготовлении образцов определяли подвижность бетонной смеси, объемную массу и воздухоудерживание. Комплексные добавки в виде водных растворов вводили в воду затворения в количествах, обеспечивающих примерно равное воздухоудерживание при одинаковой удобоукладываемости бетонной смеси (табл. 1).

Часть образцов твердела в нормально-влажных условиях до 90 сут, а часть была пропарена по режиму 4+5+4+

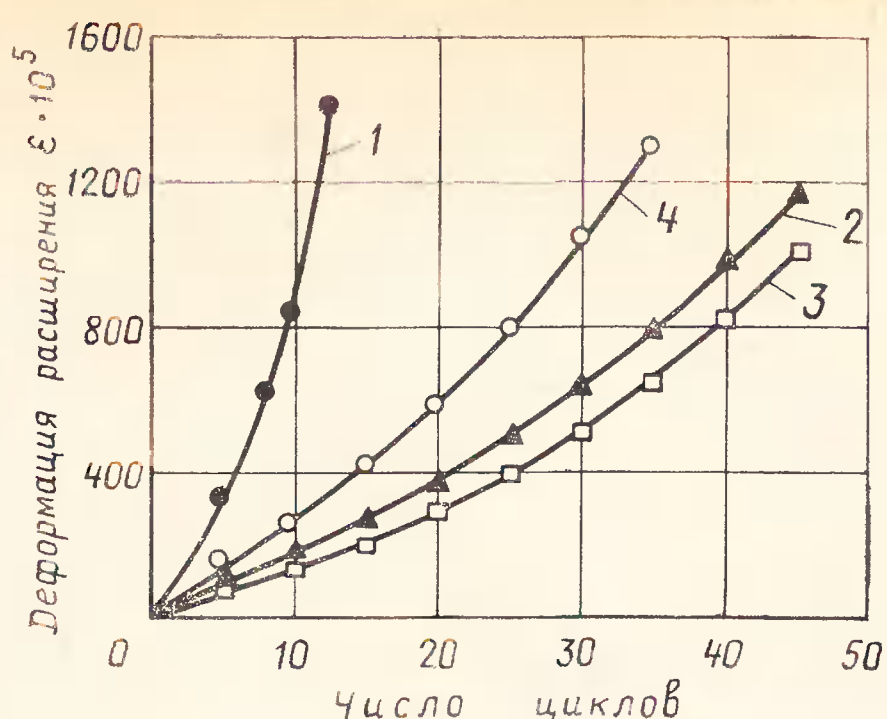


Рис. 3. Остаточные деформации расширения образцов бетона при многократном замораживании и оттаивании.

Цифры у кривых — номера составов по табл. 1

+3 ч при максимальной температуре изотермического прогрева 70°C . Через 7, 14, 28 и 90 сут по три образца испытывали на растяжение при изгибе, а их половинки — на прочность при сжатии (табл. 2). Сравнивая результаты испытаний на прочность бетонов с различными комплексными добавками, можно отметить, что в ранние сроки твердения более низкую прочность имеют бетоны, содержащие СДБ. К 28-сут

возрасту происходит выравнивание прочности, однако наибольшую прочность в различные сроки испытания как без пропаривания, так и после пропаривания (до 14 сут) показал состав бетона № 3, содержащий комплексную добавку ВРП+СНВ.

На морозостойкость испытывали образцы-призмы размером $7 \times 7 \times 21$ см, снабженные в торцах металлическими упорами для измерения деформаций расширения. На каждый состав бетона изготовили по 3 образца-близнеца, твердевших во влажных условиях 28 сут. После насыщения в течение трех сут образцы находились 8 ч на воздухе при -60°C , а затем 16 ч в пресной воде при температуре $18-20^\circ\text{C}$. После оттаивания замеряли деформации расширения образцов (рис. 3). Морозостойкость испытанных составов несколько различалась. Так, при условном уровне морозостойкости, соответствующем относительной деформации 1000×10^{-5} , бетоны с комплексными добавками, содержащими СДБ, показали более высокую морозостойкость (41–45 циклов), нежели бетоны, содержащие ВРП (29–30 циклов). Наиболее высокую морозостойкость имел бетон, содержащий комплексную добавку СДБ+СПД.

Таблица 1

Номер состава	Вид добавки и коли- чество от массы це- мента, %	Фактический расход матери- алов на 1000 л				В/Ц	Параметры бетонной смеси		
		Ц	П	Ш	В		Удобоуклады- ваемость		воздухо- содержа- ние, %
							ОК, см	жест- кость, с	
1	СДБ 0,07 СНВ 0,005	382	935	730	214	0,56	3	3—5	3,2
2	СДБ 0,07 СПД 0,02	383	937	730	210	0,55	2,6	4—6	3,4
3	ВРП 0,01 СНВ 0,005	384	940	740	206	0,54	2,5	5—7	3,2
4	ВРП 0,01 СПД 0,01	383	940	730	209	0,545	2,7	4—6	3,6

Таблица 2

Номер состава	Вид добавки	Предел прочности, кгс/см							
		Пропаренные с последующим выдерживанием во влажных условиях				Нормально-влажного твердения			
		после пропаривания	7	14	28	7	14	28	90
1	СДБ+СНВ	42,1/144*	63,1/300	71,1/368	73,8/408	38,7/175	51,1/254	50,1/274	70,4/376
2	СДБ+СПД	42,5/167	64,7/331	66,6/381	71,5/417	42,7/194	54,3/283	60,2/264	70,8/422
3	ВРП+СНВ	51,3/218	63,4/349	68,5/426	74,5/413	46/249	56,4/318	63,2/349	68,7/458
4	ВРП+СПД	45,9/192	65,8/316	68,5/380	73/432	45/237	53,8/298	60/290	63,2/440

* Над чертой указан предел прочности при изгибе, под чертой — при сжатии.

Выводы

Сравнительные исследования бетонов с комплексными пластифицирующе-воздухововлекающими добавками СДБ+СНВ, СДБ+СПД, ВРП+СНВ и ВРП+СПД показали, что при оптимальных дозировках бетоны имеют приблизительно одинаковую прочность, хотя несколько более высокую прочность в разные сроки показывают бетоны с добавкой ВРП+СНВ. Наиболее высокой морозостойкостью обладают бетоны с добавками СДБ+СНВ и СДБ+СПД. Применение таких добавок для повышения морозостойкости целесообразно при изготовлении монолитных и сборных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Ф. М., Батраков В. Г., Лагойда А. В. Добавки к бетонам и строительным растворам. — «Бетон и железобетон», 1974, № 6.
2. Иванов Ф. М., Усачев И. Н., Виноградова Э. А. Бетон здания Кислогубской ПЭС. — «Бетон и железобетон», 1971, № 12.
3. Лагойда А. В., Королева О. Е., Иванов Б. В., Назарова А. С. Применение воздухововлекающих добавок в сборном железобетоне. — «Бетон и железобетон», 1974, № 5.

УДК 691.327:666.972.16

Цементно-полимерный бетон с комплексными добавками

Многие ответственные железобетонные сооружения — резервуары, градирни, сгустители — необходимо возводить из специальных высокопрочных, водонепроницаемых и трещиностойких бетонов, обладающих малой усадкой, высокой коррозионной стойкостью и обеспечивающих пассивность арматуры. Эффективный способ достижения таких свойств — применение химических добавок, особенно комплексных, обладающих полифункциональным действием [1].

Белорусский политехнический институт исследовал комплексные добавки — водорастворимую эпоксидную смолу ДЭГ-1 с электролитами — ННК и ННХК. Такое сочетание позволяет суммировать и усилить положительный эффект, придаваемый бетону каждой из добавок: улучшить удобоукладываемость смесей, прочность на сжатие и растяжение при изгибе, получить водонепроницаемые при давлении 1,8—2 МПа бетоны, в 1,5—2 раза повысить долговечность при воздействии мороза и растворов солей и, наконец, существенно замедлить коррозию арматуры [2].

Бетон — конструкционный, в принципе хрупкий материал, работающий под большими нагрузками, должен обладать упругой деформативностью, поэтому основная проблема в повышении границы трещиностойкости.

Бетонные образцы-призмы размером 10×10×40 см на кратковременную на-

грузку осевого сжатия испытывали в соответствии с Инструкцией [3]. На каждой ступени нагружения измеряли приращения упругих и пластических деформаций — продольных $\Delta \epsilon_{пр}$ и поперечных $\epsilon_{пп}$, а также засекали время прохождения через образец ультразвукового импульса.

Из рис. 1, построенном по результатам испытаний бетона в воздушно-сухом и водонасыщенном состоянии, видно, что добавки, особенно комплексные, значительно снижают деформации при одинаковых напряжениях осевого сжатия. Так, у бетона, содержащего 2% ДЭГ-1 или 1% ДЭГ-1+2% ННК, про-

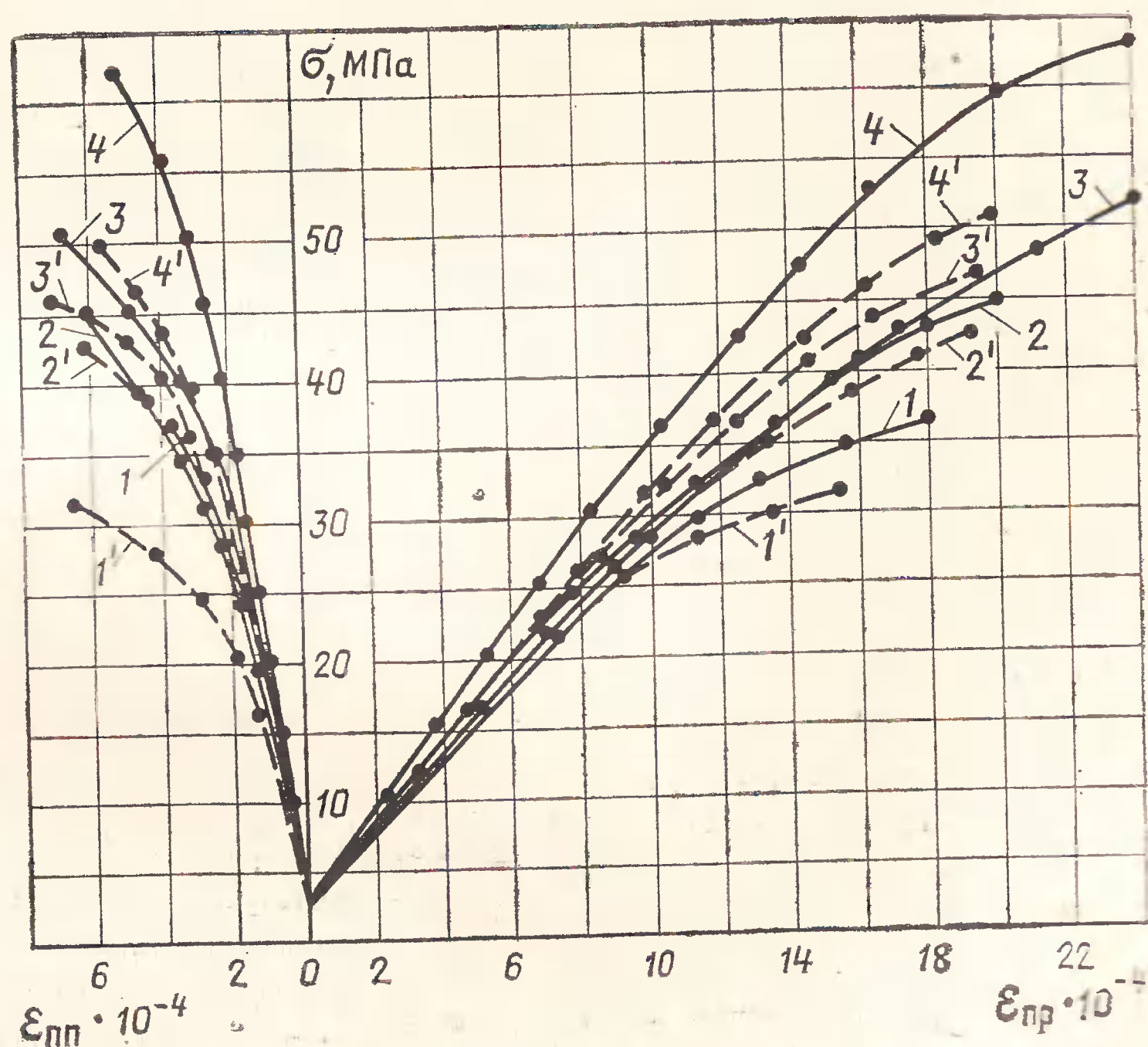


Рис. 1. Зависимость линейных продольных $\epsilon_{пр}$ и поперечных $\epsilon_{пп}$ деформаций от напряжений сжатия для бетонов 1 — 4 — воздушно-сухих, соответственно, без добавок (1) и с добавками 2% ДЭГ-1 (2), 1% ДЭГ-1+2% ННК (3), 1,5% ДЭГ-1+2% ННХК (4); 1'—4' — то же, в водонасыщенном состоянии

Добавка, % от массы цемента	Водопоглощение, %	Влагосодержание, %	Характеристики бетона							
			$R_{пр}$, МПа	$E_{ст}$, ГПа	R_T^0 , МПа	$R_T^0/R_{пр}$	R_T^y , МПа	$R_T^y/R_{пр}$	$\epsilon_{сж} \cdot 10^{-4}$ при $\sigma = R_T^y$	$\epsilon_{сж}^p \cdot 10^{-4}$ при $\sigma = R_T^y$
Без добавки 2% ДЭГ-1	—/2,5	2,7/5,2	37,2/32	31,5/32	13/10,5	0,35/0,33	28,3/24,3	0,76/0,76	10,6/8,8	2,1/2,7
1% ДЭГ-1 + 2% ННК	—/1,7	2,84/4,54	46/43	33/31,4	18,4/16,7	0,4/0,39	38/35,2	0,83/0,82	14,6/13,8	4,2/3,3
1,5% ДЭГ-1 + 2% ННХК	—/1,3	3/4,3	51,3/46,8	32/31,5	25,2/22,9	0,49/0,49	44,2/40,7	0,86/0,87	18,8/14,6	4,7/4
	—/1,25	3,1/5,35	60,5/52	34,6/31,8	32/26	0,53/0,5	55,7/45,5	0,92/0,88	18/15,6	4/3,8

Над чертой приведены характеристики бетона в воздушно-сухом состоянии, под чертой — в водонасыщенном.

Состав бетона: цемент кричевский ($R_{ц} = 42,5$ МПа) — 360 кг;

щебень Овручский фракции 5—10 мм — 1145 кг; песок Кохановского карьера — 730 кг, вода — 150—164 л, ОК=1,5 см.

Условия твердения — нормально-влажностные, возраст — 90 сут.

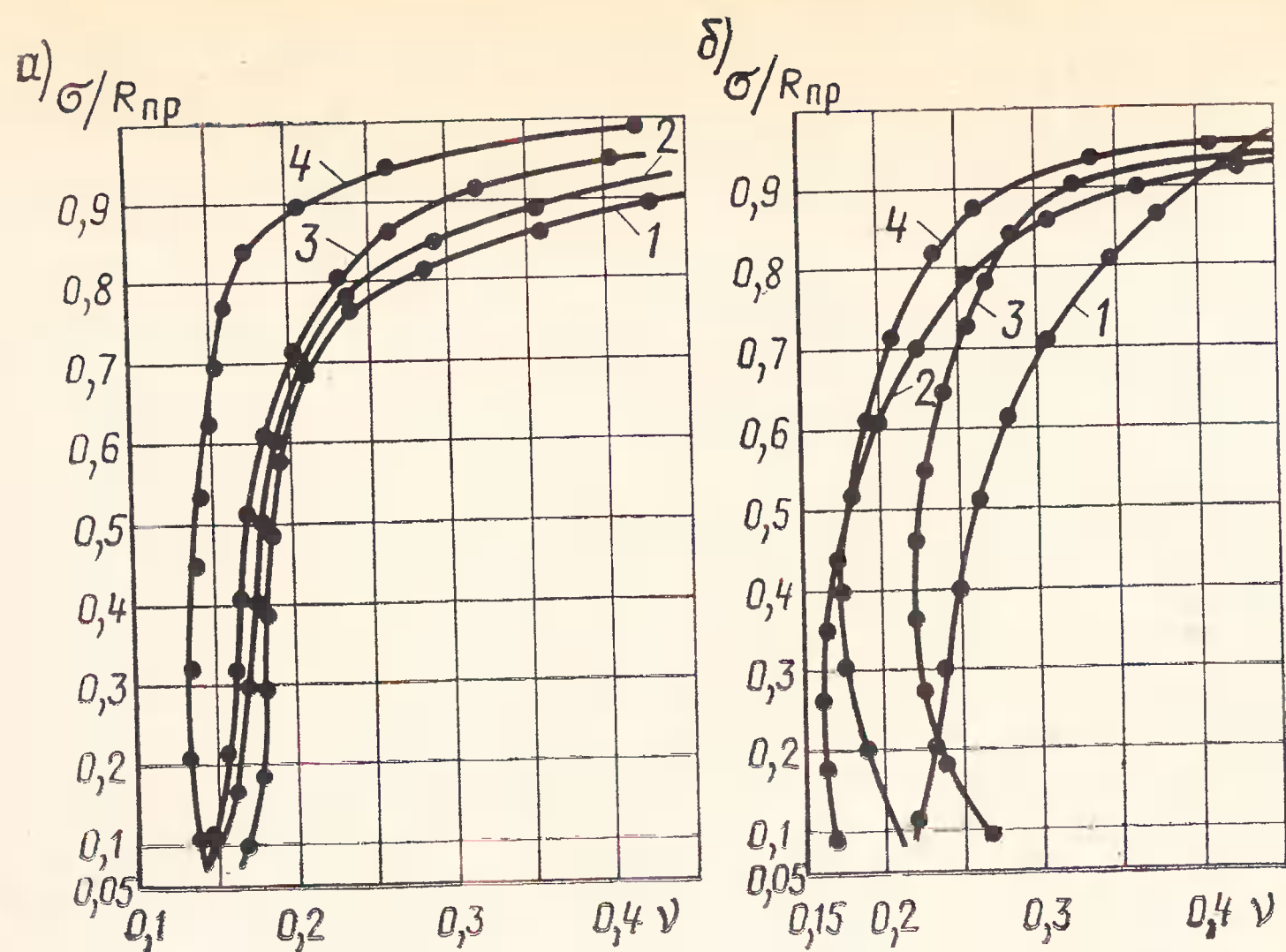


Рис. 2. Зависимость коэффициента поперечной деформации ν от уровней напряжений сжатия для бетонов в воздушно-сухом (а) и водонасыщенном (б) состоянии. Условные обозначения те же, что и на рис. 1.

дольные деформации, вызванные напряжениями сжатия $\sigma = 0,9R_{пр}^k = 35 \text{ МПа}$ ($R_{пр}^k$ — призменная прочность бетона контрольного образца без добавок), уменьшаются на 19%, а у бетона с добавкой 1,5% ДЭГ-1+2% ННХК — на 37%; поперечные деформации меньше соответственно на 20 и 40%.

Наряду с повышенной сопротивляемостью развитию линейных деформаций под сжимающей нагрузкой бетоны с комплексными добавками отличаются повышенным статическим модулем упругости $E_{ст}$ и призменной прочностью $R_{пр}$ (см. таблицу). Введение в бетон добавок ДЭГ-1, ДЭГ-1+ННХК и ДЭГ-1+ННХК повышает $R_{пр}$ соответственно на 24, 38 и 63%, так как формируется более плотная и прочная структура бетона.

Вода в насыщенных образцах по-разному влияет на рост поперечных и продольных деформаций (см. рис. 1). При одинаковой сжимающей нагрузке у водонасыщенных образцов всех составов наблюдается большее развитие поперечных деформаций в сравнении с образ-

цами в воздушно-сухом состоянии. При напряжениях сжатия $\sigma = 0,9R_{пр}$ в бетоне без добавки увеличение поперечных деформаций составило 37%, а с добавкой ДЭГ-1+ННХК — 8%.

Сжимаемая в порах бетона вода способствует развитию поперечных деформаций, при этом часть напряжений воспринимается водой (повышается модуль упругости), и продольные деформации уменьшаются. Цементно-полимерные же бетоны, водопоглощение которых резко уменьшается, содержат повышенное количество резервных условно-замкнутых микропор, не заполняющихся водой в период насыщения. В них и перемещается часть выжимаемой при деформировании воды, облегчая тем самым продольные деформации и снижая напряженность каркаса.

Добавки повысили сжимаемость и растяжимость бетона при сжатии $\epsilon_{сж}^R$, снизили коэффициент поперечной деформации ν , например, при использовании комплексной добавки ДЭГ-1+ННХК и напряжениях сжатия $\sigma = R_T^0$ — на 22% (рис. 2, таблица).

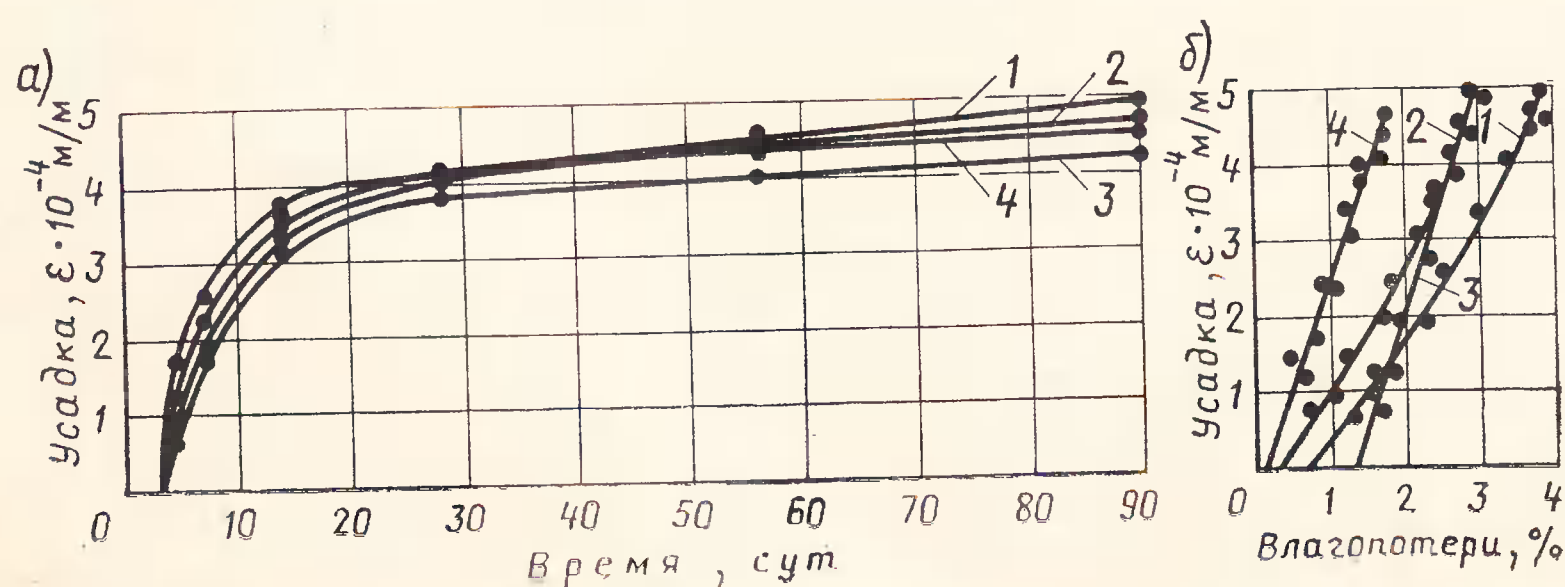


Рис. 3. Кинетика усадки бетонов состава 1 : 2,16 : 3,08. Условные обозначения те же, что и на рис. 1.

С ростом напряжений сжатия сверх R_T^0 величина ν цементно-полимерных бетонов, особенно с комплексными добавками, увеличивается, опережая аналогичные характеристики обычного бетона. Это косвенно свидетельствует о том, что добавки позволяют расширить зону упругой работы бетона. Насыщение водой не изменяет величины ν (при $\sigma = 0,3R_{пр}$) бетона с комплексной добавкой, в то время как в обычном бетоне ν повышается на 33% (см. рис. 2).

Определяющая роль трещиностойкости в большинстве железобетонных конструкций общеизвестна. Трещины в нагруженных элементах сооружений чаще всего образуются по дефектам сформировавшейся структуры. Поэтому важное значение имеет усадка, причем не только абсолютная, но и характер ее развития во времени. Усадка бетона с комплексными добавками протекает более интенсивно в начальные сроки, в период активного формирования структуры, и абсолютная величина ее меньше по сравнению с бетоном без добавок (рис. 3). Одинаковая потеря влаги вызывает значительно большую усадку бетона с добавками, что свидетельствует о преобладании в них микропор.

Комплексные добавки ДЭГ-1+ННХК и ДЭГ-1+ННХК существенно повысили R_T^0 воздушно-сухих образцов (соответственно на 40 и 52%), а насыщение водой отразилось незначительно. Границы микротрещинообразования — нижнюю R_T^0 и верхнюю R_T^0 — определяли по Рекомендациям [4].

Верхняя граница трещинообразования цементно-полимерных бетонов R_T^0 также значительно выше (на 8—21%) по сравнению с бетоном без добавок.

Повышение границ микротрещинообразования объясняется образованием более прочных связей между частицами цементно-полимерного камня и увеличением сил сцепления его с зернами заполнителя.

При расчете по образованию трещин в конструкциях I и II категории трещиностойкости применение добавок позволяет повысить на 5—10% нормируемое сопротивление бетона на сжатие и растяжение, а следовательно, сэкономить арматуру, а в отдельных случаях и до 10% цемента.

Комплексные добавки, внедренные в гидротехнические бетоны элементов сборных сооружений (шлюзы, резервуары и др.) Минводхоза БССР, улучшают деформационные свойства бетона, повышают на 40—60% его прочность и до $\sigma = 0,75R_{пр}^H$ — предельно допустимую величину сжимающих напряжений [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ратнов В. Б., Розенберг Т. И. Добавки в бетон. М., Стройиздат, 1973.
2. Барташев А. А., Далевский А. К., Юхневский П. И. Новая комплексная добавка для бетонов в конструкциях

водохозяйственных сооружений. — «Строительные материалы», 1975, № 12.

3. Временная инструкция по определению призмочной прочности и начального модуля упругости бетонов. НИИЖБ. М., Стройиздат, 1968.
4. Берг О. Я. Некоторые вопросы гео-

рии деформаций и прочности бетона. Известия вузов. — «Строительство и архитектура», 1967, № 10.

5. Указания по обеспечению долговечности бетонных и железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений. ВСН 6-69. Л., Ленморинпроект, 1970.

Кандидаты техн. наук Л. И. ДОБРЯКОВА, А. Г. ФУНИКОВ (ЦНИИЭП жилища)

УДК 691.32:666.974.4

Декоративные бетоны для наружной отделки зданий в северных районах

Развитие крупноэлементного строительства в северных районах страны предъявляет повышенные требования к наружной отделке ограждающих конструкций. Между тем в работах, посвященных этому вопросу, проблеме повышения стойкости и качества отделки зданий, возводимых промышленными методами, уделяется недостаточно внимания. Одним из наиболее перспективных видов отделки фасадов являются декоративные бетоны с обнажением заполнителя. Этот способ наиболее полно сочетает широкие декоративные (цветовые и фактурные) возможности, позволяя одновременно решить вопрос долговечности отделочных слоев фасадов путем создания материала с заранее заданными свойствами. Сложные условия эксплуатации зданий в северных районах, характеризующиеся повышенной влажностью и низкой температурой, вызывают необходимость применения более прочных морозостойких и маловодопроницаемых отделочных слоев панелей. Этим требованиям удовлетворяют декоративные бетоны с введением поверхностно-активных добавок. В работе по изучению их свойств использовали: белый, цветной и обычный портландцемент марки М 400, заполнители — мрамор, доломиты, добавки — ГКЖ-10, ГКЖ-11, АМСР-3, ССБ+СНВ.

Зерновой состав заполнителей подбирали по наибольшему объемному весу и наименьшей межзерновой пустотности, составляющей 25—27%. Максимальный размер фракции заполнителя составлял 10—20 мм. На таких заполнителях получили составы декоративных бетонов марок 150—200 при расходе цемента 320—350 кг/м³ (подвижность бетонной смеси составляла 3 см).

Влияние поверхностно-активных добавок на физико-механические свойства бетонов и растворов изучали на образцах нормального твердения и пропаренных по режиму 4+8+4 ч (число образцов принимали согласно ГОСТ). Результаты исследований представлены в табл. 1.

Добавки повышают прочность растворов на растяжение при изгибе на 10—15% в сравнении с образцами без добавок.

Растворы и бетоны с добавками в оптимальных количествах характеризуются равномерной однородной структурой цементного камня с преобладанием мелких изолированных пор, при этом в образцах с добавками снижается капиллярная пористость с 9,6 до 7,5% за счет образования условно-замкнутых, несообщающихся пор.

Стойкость декоративных бетонов с добавками определяли по изменению их прочностных свойств на сжатие, изгиб и накопление необратимых деформаций при воздействии замораживаний при температурах —23 и —40°C и оттаивания при комнатной температуре. Результаты испытаний приведены в табл. 2. Введение кремнийорганической и комби-

нированной (ССБ+СНВ) добавок существенно повышает морозостойкость бетонов.

Изменение упругих и пластических свойств декоративных бетонов и растворов после замораживания до —40°C отличалось более резким падением динамического модуля упругости и большим снижением прочности, чем при —23°C.

Наименьшее снижение динамического модуля упругости отмечалось в образцах с комбинированной добавкой ССБ+СНВ до 5%, с ГКЖ-11 — до 18%, тогда как у образцов без добавок падение модуля упругости составило 55%.

Потери прочности при изгибе и сжатии у образцов с добавками при температуре —40°C были также значительно меньше, чем у контрольных.

Существенным фактором, влияющим на стойкость материала в процессе замораживания-оттаивания, являются необратимые остаточные деформации, накопление которых приводит к разрушению бетона.

Накопление остаточных деформаций при температуре —40°C наблюдалось после первых же циклов испытаний, а после 37 циклов удлинение образцов

Таблица 1

Вид добавки и ее количество от массы цемента, %	Предел прочности, МПа			Сцепление отделочного слоя с бетоном при сдвиге, МПа	Водопоглощение, %	Водонепроницаемость, атн
	на сжатие		на изгиб			
	через 28 сут нормального твердения	после тепло-влажностной обработки				
Без добавки	20,8	15	7,3	4,8	4,8	1
ГКЖ-10 0,2	21,6	14,3	7,9	5,6	3,4	3
ГКЖ-11 0,2	22,1	14,1	8	5,9	3,3	3
АМСР-3 0,2	18	12,8	7,7	5,7	3,5	3
ССБ + СНВ 0,15+0,05	21,8	15,3	8,1	5,8	4	3-4

Таблица 2

Вид декоративного бетона и добавки	Предел прочности, МПа, при						Динамический модуль упругости 10 ³ , МПа			Остаточное удлинение, после замораживания, %	
	сжатии			изгибе			до замораживания	после замораживания			
	до замораживания	после замораживания		до замораживания	после замораживания			до замораживания	после замораживания		
		300 циклов —23°С	37 циклов —40°С		300 циклов —23°С	37 циклов —40°С			300 циклов —23°С	37 циклов —40°С	
Декоративные растворы											
Без добавки	29,6	27,3	27,3	6,0	4,9	3,4	38,9	33,4	22,3	0,23	0,33
ГКЖ-11 0,15	30,9	34,7	29,6	6,4	6,1	4,6	38,7	37	31,4	0,14	0,04
ССБ + СНВ 0,15+0,05	27,2	38,1	34,2	7	6	5,4	39,2	39,8	37,2	0,17	0,1
Бетон на мраморном заполнителе											
Без добавки	29	23,5	21	—	—	—	49,1	48,6	28,2	0,07	0,44
ГКЖ-11 0,15	30,4	27,2	26,5	—	—	—	49,4	49,4	30,8	0,04	0,24
ССБ + СНВ 0,15+0,05	29,5	27	26,3	—	—	—	46,4	46,4	42,4	0,04	0,1

составило для бетонов с добавками от 0,05 до 0,25% (в контрольных образцах 0,33—0,44%). При температуре —23°C оно происходило менее интенсивно и после 300 циклов составляло 0,04—0,18%. Большой рост остаточных деформаций при температуре —40°C объясняется увеличением напряжений, возникающих в порах и капиллярах материала вследствие замерзания всей несвязанной влаги в его структуре.

Повышение морозостойкости образцов с добавками обусловлено образованием мелкопористой структуры цементного камня, снижением капиллярной пористости и частичной гидрофобизацией внутренней поверхности пор и капилляров.

Результаты испытаний образцов с добавками на одностороннее заморажива-

ние-оттаивание в специальной автоматической установке (СХАУ) также показали их высокую стойкость.

Исследовали также влияние добавок на сцепление раствора с заполнителем из различных горных пород известняка, мрамора, доломита, гранита при воздействии низких температур. Прочность сцепления раствора с камнем определяли на образцах размером 4×4×16 мм путем испытаний на отрыв. В растворах с добавками, подвергнутых попеременному замораживанию-оттаиванию при температурах —23 и —40°C, прочность сцепления оказалась в среднем в 2—2,5 раза выше, чем в образцах без добавок, причем лучшие показатели были получены с добавками ГКЖ-11. Это свидетельствует о более прочной и стойкой

к агрессивным воздействиям структуре бетона и раствора с добавками.

Влияние добавок на цветовые характеристики—длина волны (λ), коэффициент отражения (ρ), насыщенность (P)—декоративных бетонов исследовали на образцах в везерометре (АИП—аппарат искусственной погоды) и после 5 лет эксплуатации в Москве, Мурманске и Норильске. При подборе режимов испытаний в везерометре исходили из среднегодового количества солнечных часов и осадков в Мурманске.

Спектральную характеристику цветовых значений образцов определяли на спектрофотометре СФ-14 до и после испытаний в везерометре и натуральных условиях.

Натурные обследования бетонных образцов и опытных панелей подтвердили результаты лабораторных опытов—большую атмосферостойкость и лучшую сохранность декоративных свойств (меньшую загрязняемость, отсутствие высолов) отделочных бетонов с гидрофобизирующими добавками.

Анализ эксплуатационных свойств отделки показал, что наиболее устойчивы в условиях Севера отделочные бетоны с мелкорельефной фактурой.

Фактурную обработку наружных поверхностей стеновых панелей с обнажением декоративного заполнителя производили металлическими щетками, используя замедлитель твердения цемента (декстрин, бура).

Технико-экономические расчеты доказывают целесообразность их применения в северных районах. Стоимость отделки 1 м² бетонной поверхности в зависимости от применяемых материалов составляет 0,9—1,6 р.

Кандидаты техн. наук А. С. ЩЕРБАКОВ, С. В. ТОЛКАЧНИК,
инженеры В. С. ПОДЧУФАРОВ,
А. А. ГУРЕВИЧ, В. М. БУТЕРИН (МЛТИ)

УДК 691.115:674.816.2:539.3

Влажностные деформации арболита

Новые строительные материалы имеют свойства, которыми традиционные материалы либо вовсе не обладали, либо обладали в очень малой степени. Одно из таких свойств арболита—деформации при изменении влажности.

При эксплуатации конструкций из арболита за счет его гигроскопичности под влиянием климатических факторов про-

исходят значительные колебания влажности материала, вызывающие относительные деформации, достигающие 5 мм/м. Это приводит к появлению напряжений, особенно в многослойных панелях, снижающих долговечность и прочность сооружений из арболита.

Один из основных параметров, характеризующий влажностно-деформативные

свойства арболита,—коэффициент влажностных деформаций β , определяемый из зависимости между деформациями ε и изменением влажности ΔW . Он численно равен тангенсу угла наклона прямой на графике

$$\varepsilon = f(\Delta W). \quad (1)$$

По СНиП II-V.1-62 для тяжелого бе-

тона коэффициент β имеет два различных числовых значения: для коэффициента усадки β_1 , т. е. при постепенном уменьшении влажности бетона, и для коэффициента набухания β_2 при постепенном увеличении влажности бетона. Наличие двух коэффициентов для одной и той же зависимости, которые отличаются только знаком деформаций, осложняет основные соотношения, используемые для анализа напряженного состояния в тяжелом бетоне от влажностных воздействий.

Известно, что для древесины значение коэффициента влажностных деформаций практически не зависит от того, происходит набухание или усадка, т. е. от знака деформации [1].

Поэтому для арболита ввиду иного характера зависимости (1) от знака ϵ , что обусловлено преобладанием органического заполнителя, можно предположить, что коэффициенты β_1 и β_2 практически не будут зависеть от знака ϵ и значения их окажутся близки.

Среднее значение назовем коэффициентом влажностных деформаций арболита β .

Были проведены исследования с целью экспериментальной проверки этих предположений и определения величины коэффициента β , так как данных о его численном значении для арболита до сих пор нет. Сведения об арболите ограничиваются предельными значениями величин деформации усадки $\epsilon_{ус}^{пр}$ и набухания $\epsilon_{наб}^{пр}$ [2, 3].

Поэтому работу начали с изучения влияния состава арболита и технологии производства на процессы изменения влажностных деформаций.

Этот этап позволил также оценить влияние указанных факторов на величину коэффициента β — оказалось, что от них зависит лишь конечная (то есть предельная, при больших ΔW) величина влажностных деформаций $\epsilon^{пр}$, а их влияние на значение коэффициента β незначительно.

Для измерения влажностных деформаций использовали несколько серий образцов-призм, различных по составу и технологии изготовления, размером $70 \times 70 \times 210$ мм и $150 \times 150 \times 600$ мм. В призмы по всем четырем граням заделывали реперы с кернами. Деформации усадки и набухания измеряли индикаторами (мессурами) часового типа, с удлинительными. Для определения деформаций набухания высушенные до постоянного веса образцы в возрасте 28 сут увлажняли до прироста влажности на 5%. Такое ступенчатое увлажнение производили до максимального водопоглощения, характеризуемого постоянством веса. На

каждой ступени замеряли деформации набухания.

Деформации усадки определяли до 28-сут возраста при хранении образцов в нормальных условиях, а затем при достижении образцами равновесной влажности их высушивали в сушильных шкафах до постоянного веса.

После очередной ступени изменения влажности замеряли приращение влажности ΔW и соответствующей деформации ϵ .

Полученные результаты подвергли статистической обработке для установления средних значений искомых величин и нахождения границы их точности и достоверности.

Промежуточным результатом статистической обработки было получение линий регрессии $\bar{Y}$ и $\bar{X}$ для каждой серии опытов и определение оценок параметров (ρ , b) в уравнении регрессии, которое в данном случае имеет вид:

$$\bar{Y} = \rho \bar{X} + b, \quad (2)$$

где $\bar{Y}$ — значение деформаций ϵ ;

ρ — коэффициент регрессии, в данном случае совпадает с искомым коэффициентом β ;

$\bar{X}$ — значение приращений относительной влажности ΔW .

Для расчетов применили метод наименьших квадратов. Коэффициент регрессии ρ подсчитывали по формуле

$$\rho = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - \left(\sum x_i \right)^2}, \quad (3)$$

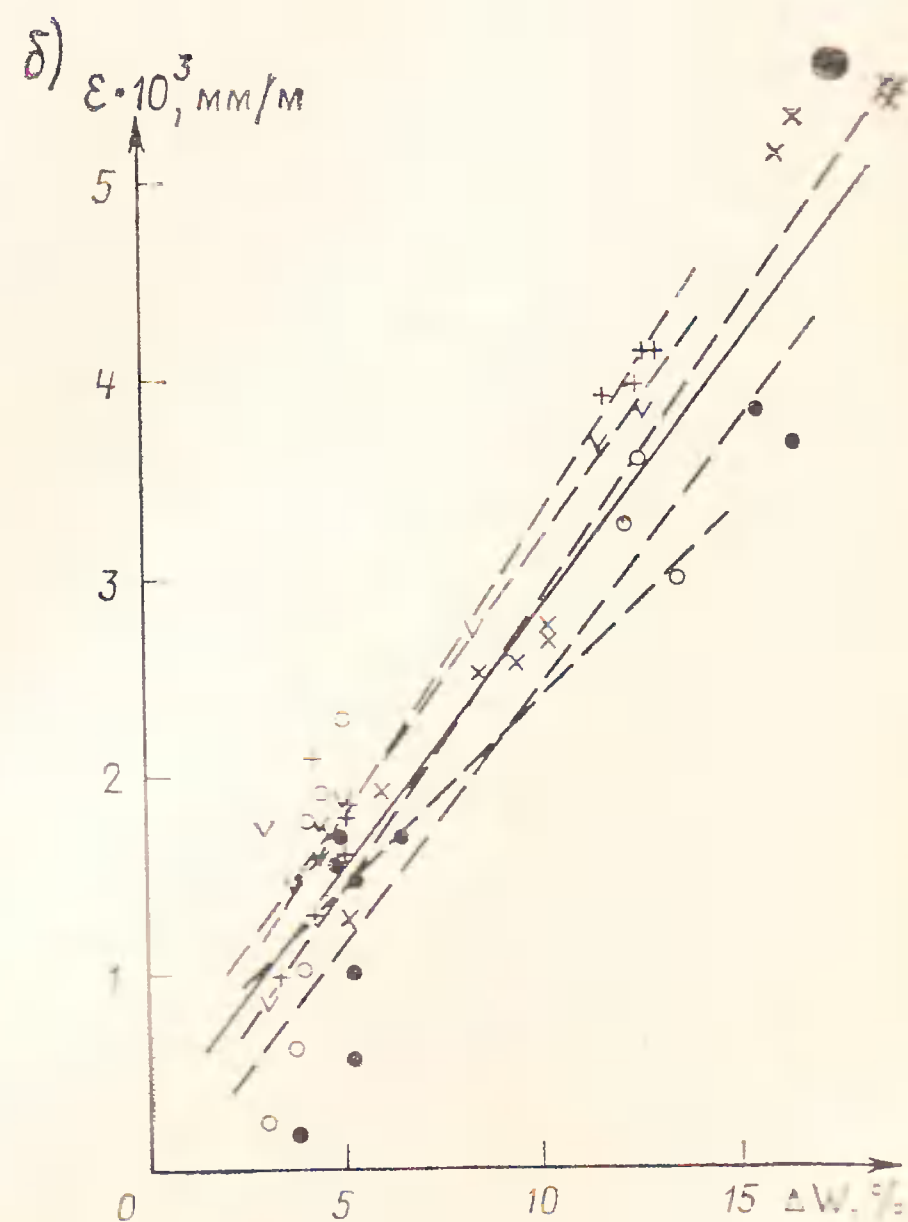


Рис. 1. Зависимость деформаций от изменения влажности при усадке (а) и набухании (б) арболита

V — арболитовые образцы на заполнителе с размером частиц более 10 мм; + — то же, фракции 5/2; X — то же, фракции 2/0; ● — на смеси фракций по ТУ для арболита

где x_i , y_i — соответствующие значения

X и Y в i -том измерении;

n — число измерений.

Хорошая сходимость результатов, полученных для различных условий эксперимента, обнаружилась при сопоставлении кривых «деформация — влажность» (рис. 1, а, б). Для получения численной оценки этой близости были выбраны серии образцов со следующим расходом компонентов, кг/м³:

органический заполнитель — 150

портландцемент марки М400 — 340

вода — 340

хлористый кальций — 7

Образцы имели объемную массу 600 кг/м³ и прочность при сжатии 25 кгс/см². Образцы отличались между собой только фракционным составом заполнителя, так как он оказывает наибольшее влияние на конечную величину влажностных деформаций. Все образцы твердели в нормальных условиях.

Значения коэффициента регрессии ρ , найденные обработкой данных пяти серий опытов в условиях деформации одного знака, составили для набухания: $\rho = 0,257^*$; $\rho = 0,191$; $\rho = 0,299$; $\rho = 0,2875$; $\rho = 0,271$ и аналогично для усадки: $\rho' = 0,309$; $\rho' = 0,273$; $\rho' = 0,314$; $\rho' = 0,438$; $\rho' = 0,286$.

Значения ρ для деформации одного знака можно рассматривать, как возможные значения некоторой случайной величины ρ .

Такое допущение позволяет найти оценку математического ожидания $\bar{X}$ ве-

* Множитель 10^{-3} везде опущен.

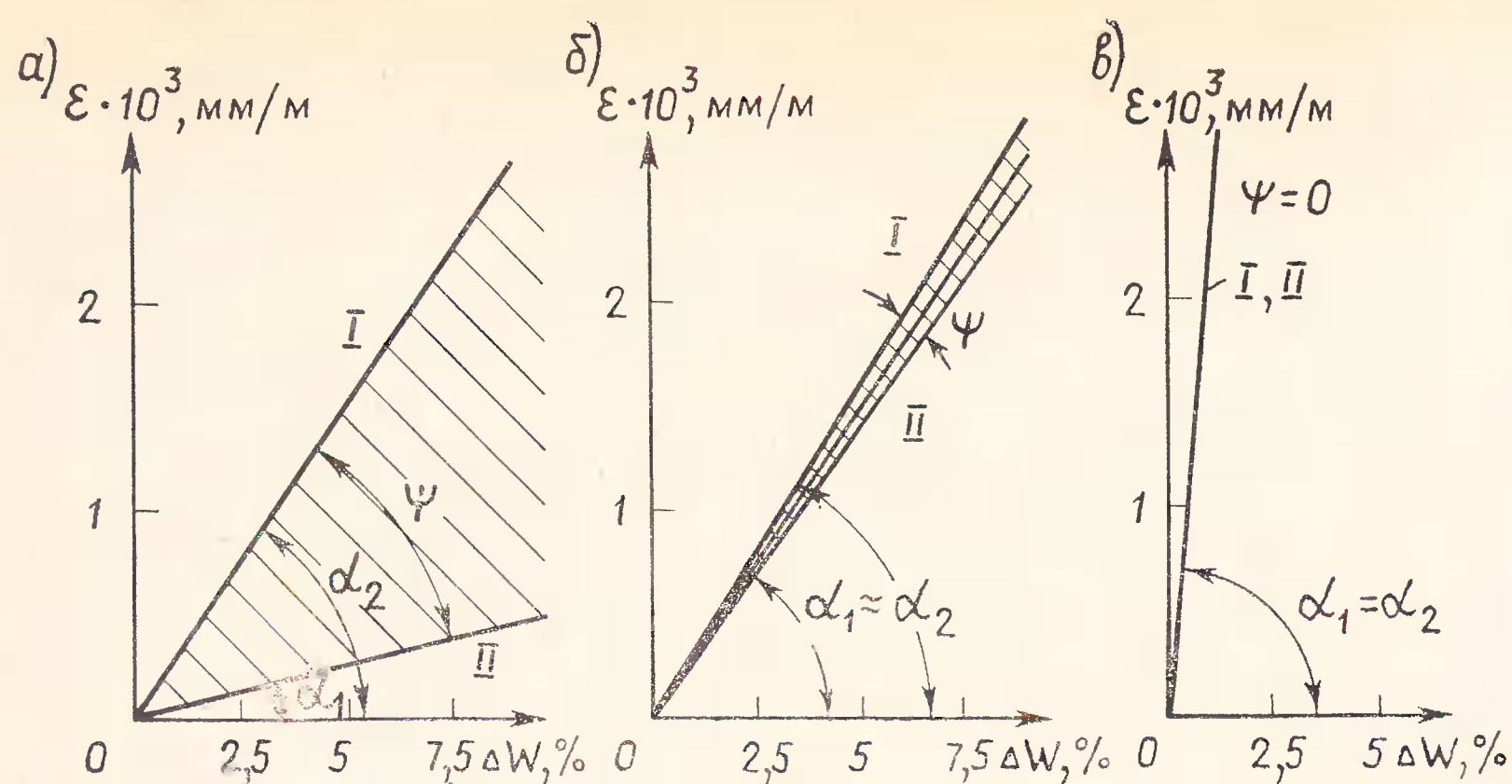


Рис. 2. Влияние знака деформаций на зависимость $\epsilon = f(\Delta W)$
а — для бетона; б — арболита; в — древесины; I — зона усадки; II — зона набухания

личины ρ , а затем вычислить точность δ и границы доверительного интервала $(\bar{X} - \delta, \bar{X} + \delta)$.

Другим важным статистическим критерием являлось нахождение средней квадратической ошибки σ при определении коэффициента β . Приняв значение надежности $\gamma = 95\%$, можно установить и точность полученной величины.

Определение указанных статистических оценок для математического ожидания величины ρ и среднего квадратического отклонения σ приводит к следующим результатам для усадки:

$$\bar{X} = 0,324 \cdot 10^{-3}; \quad \sigma = 6,6 \cdot 10^{-5};$$

$$\delta = 0,082 \cdot 10^{-3}; \quad \delta_{\sigma} = 0,072.$$

Значения коэффициента β равны:

$$\beta_{ус} = \rho_{ус} = 0,324 \cdot 10^{-3};$$

$$\beta_{наб} = \rho_{наб} = 0,286 \cdot 10^{-3}.$$

Из рис. 2 видно, что арболит занимает по влиянию влажности на деформации усадки и набухания промежуточное положение между бетоном и древесиной [1, 4]. При совмещении двух графиков обнаруживается, что сплошные линии образуют между собой некоторый малый

угол ψ , показывающий влияние знака деформаций на величину коэффициента β . Биссектриса угла ψ определяет геометрически средний коэффициент β для арболита (он приблизительно равен тангенсу угла наклона биссектрисы. $\beta_{ср} = 0,305 \times 10^{-3} \frac{\text{мм/мм}}{\text{г/г}}$).

Выводы

Основную роль во влажностных деформациях арболита играет органический наполнитель.

Впервые для арболита установлено единое численное значение коэффициента влажностных деформаций β , не зависящее от знака деформаций.

Значение величины коэффициента β позволит во многих случаях уточнить расчеты напряжений и деформаций, особенно в многослойных панелях, широко применяемых в строительстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уголев Б. Н. Деформативность древесины и внутренние напряжения. М., «Лесная промышленность», 1971.
2. «Арболит» под ред. Бужевича Г. А. М., Стройиздат, 1968.
3. Использование древесных отходов для производства арболита. М., «Лесная промышленность», 1975. Авт.: В. И. Бухаркин, С. Г. Свиридов, П. Н. Умняков, Е. М. Саргина.
4. Александровский С. В. «Расчет бетонных и железобетонных конструкций». М., Стройиздат, 1973.

Канд. техн. наук Ф. Н. РАБИНОВИЧ [ЦНИИПромзданий]

УДК 691.32:618.92

О свойствах цементного камня, армированного ориентированными стекловолокнами

Применение стеклянных волокон в качестве дисперсной арматуры позволяет увеличить прочность цементной матрицы на растяжение, ее трещиностойкость, ударную вязкость, сопротивление огневому воздействию [1—5].

Одной из основных проблем является получение стабильного во времени уровня прочности в стеклоармированном материале, обеспечение его надежной эксплуатации.

Исследования, проведенные в ЦНИИПромзданий, показали, что длительная прочность композиции с матрицей на

основе минерального вяжущего, армированной стекловолокном, зависит в значительной мере от свойств вяжущего и вида волокон. Механические характеристики армированного материала — временное сопротивление, деформативность, трещиностойкость обуславливаются во многом компоновкой структуры композиции и соответственно теми неизбежными дефектами в структуре, качество и количество которых определяются технологическими методами изготовления образцов.

В связи с этим уместно отметить различия между «идеальной» моделью композиции и реальным материалом. Дисперсное и направленное армирование предполагает равномерное распределение волокон в объеме матрицы и их принудительную ориентацию в направлении действующих усилий. Расстояние между волокнами устанавливается исходя из размеров эффективной зоны матрицы, способной передать усилия при действии нагрузки на волокна. Для этого количество волокон в матрице должно быть достаточно большим,

они должны быть равнопрочными и одинаково выпрямленными (или натянутыми).

В реальных композициях распределение волокон в матрице не всегда оказывается равномерным. Не все волокна удается одинаково выпрямить (или с одинаковой степенью натянуть) в нужном направлении (рис. 1). Следует учитывать, что волокна не обладают равнозначной прочностью, поскольку неравнозначно количество и качество микродефектов на их поверхности. Наконец, нельзя не отметить трудности обеспечения совершенных и непрерывных контактов на границе раздела между волокном и матрицей.

Для изготовления опытных образцов использовали глиноземистый цемент марки М 400, а для части образцов—гипс (в качестве эталона) и гипсоцементно-пуццолановое вяжущее. Армирование осуществляли стекловолокном алюмоборосиликатного состава и базальтовыми волокнами диаметром 10 мкм. Ориентация волокон осуществлялась в направлении продольной оси образца. Водовяжущее отношение принимали равным 0,45 для образцов с цементной матрицей и 0,35— с гипсовой.

Образцы, предназначенные для испытаний на осевое растяжение, выполнялись в виде призм с поперечным сечением 10×15 мм и длиной 360 мм, концы которых имели клиновидную форму. На сжатие испытывались призмы длиной 80 мм с поперечным сечением 20×20 мм. Деформации измеряли с помощью спаренных рычажных тензометров с ценой деления 0,001 мм на базе 20 мм.

Диаграмма зависимости между напряжениями и относительными деформациями при растяжении образцов цементного камня с различным содержанием дисперсной арматуры показана на рис. 2. При растяжении образцов цементного камня с дисперсной арматурой из ориентированных волокон наблюдаются четыре характерные стадии работы материала.

В первой стадии, вплоть до предела пропорциональности, соответствующего моменту образования трещин в образцах (точка А), напряжения в композиции возрастают с увеличением нагрузки. В работе принимают участие волокна и матрица.

С образованием трещин происходит переход во вторую стадию напряженного состояния композиции. Ширина раскрытия трещин в пределах второй стадии чрезвычайно мала и не превышает тысячных долей миллиметра.

После образования трещин в армированном материале можно условно рас-

считать значения его модуля деформации без учета площади поперечного сечения матрицы, т. е. практически модуль деформации армирующих волокон $E_B = \frac{E_p \cdot 100}{\mu}$, где E_p — модуль деформации после образования трещин.

Значение E_v для цементного камня, армированного алюмоборосиликатными волокнами (вторая стадия работы), составило 580 000 кгс/см², базальтовыми — 730 000 кгс/см². Однако модуль упругости алюмоборосиликатных волокон, как известно, составляет 720 000 кгс/см² [6], базальтовых — 920 000 кгс/см² [7]. Поскольку в работе в промежутках между трещинами принимает участие и матрица, различие модулей волокон будет еще более заметным, что свидетельствует о неравномерности включения в работу дисперсной арматуры (вследствие неравномерности ее натяжения) при загрузении материала.

Прямая деформации волокон (линия ОК) в сечении с трещинами дана на графике (рис. 2,б) в предположении, что трещины имелись с начала загрузки (деформация свободных волокон). После образования трещин в дисперсно-армированном материале матрица не выключается полностью из работы, однако ее участие по мере возрастания нагрузки к концу второй стадии существенно уменьшается. Имеются все основания считать, что к этому моменту (участок Б—С) напряжения, в отдельных, наиболее выпрямленных (натянутых) волокнах с наиболее серьез-

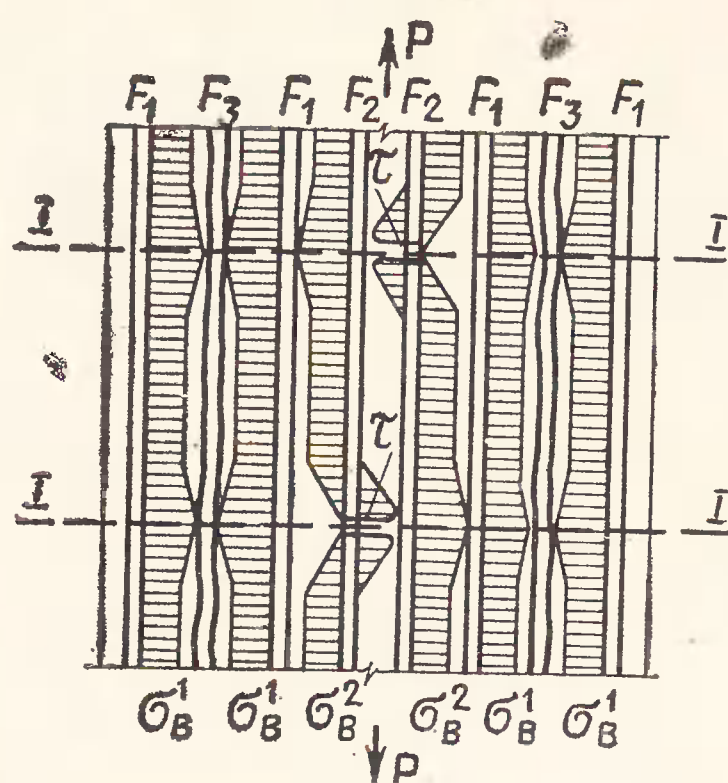


Рис. 1. Продольное сечение реальной композиции

F_M и $F_1 - F_3$ — площади поперечных сечений, соответственно, матрицы (цементного камня) и волокон, в том числе: F_1 — волокна выпрямленные (натянутые); F_2 — те же волокна с наиболее серьезными дефектами на их поверхности; F_3 — волокна выпрямленные недостаточно; σ_v^1 и σ_v^2 — нормальные растягивающие напряжения в элементарных волокнах; τ — касательные напряжения на концах волокон в месте их разрыва; $I - I$ — сечения в местах разрывов волокон (конец второй стадии напряженного состояния композиции при наличии в ней трещин).

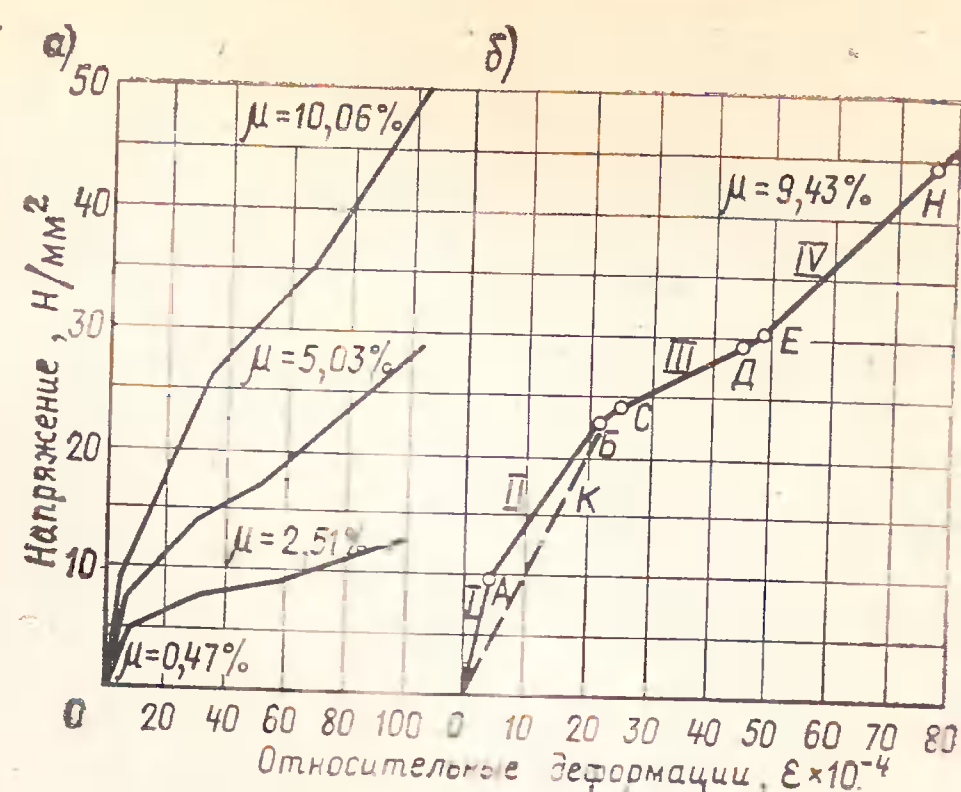


Рис. 2. Диаграммы «напряжения — деформации» для образцов цементного камня с дисперсно ориентированной арматурой из алюмо-боросиликатных (а) и базальтовых (б) волокон (возраст образцов соответственно 27 сут и 10 лет)

ными дефектами на их поверхности достигают предельных значений, в результате чего часть из них разрывается. При этом напряжения на концах волокон падают и одновременно существенно возрастают касательные напряжения в зоне контакта волокон и матрицы (см. рис. 1).

Увеличение касательных напряжений при данном уровне загрузки материала, как показывают расчеты, способно привести к нарушению сцепления между волокном и матрицей в зоне разрыва волокон. Нарушение адгезионной связи в последующем распространяется по длине волокна и, таким образом, эффективность его работы на участке большой протяженности может оказаться практически исчерпанной. При такой ситуации суммарная площадь рабочих волокон по мере увеличения нагрузки уменьшается по сравнению с начальной, а уровень напряжений σ_v в волокнах (при прочих равных условиях) увеличивается. Это, в свою очередь, может привести к последующему накоплению разрывов волокон.

Такой характер работы композиции при действии нагрузки подтверждается соответствующим изменением наклона линии графика « σ — ε » и последующим увеличением интенсивности роста деформации образцов. Композиция переходит в третью стадию напряженного состояния (участок $C—D$). Ширина раскрытия трещин при этом возрастает до 0,01—0,05 мм, их можно обнаружить невооруженным глазом.

В четвертой стадии работы композиции (линия $E-H$) интенсивность роста деформаций с увеличением нагрузки несколько снижается. Наблюдается «упрочнение» композиции, которое также можно объяснить неравномерностью участия волокон в работе материала.

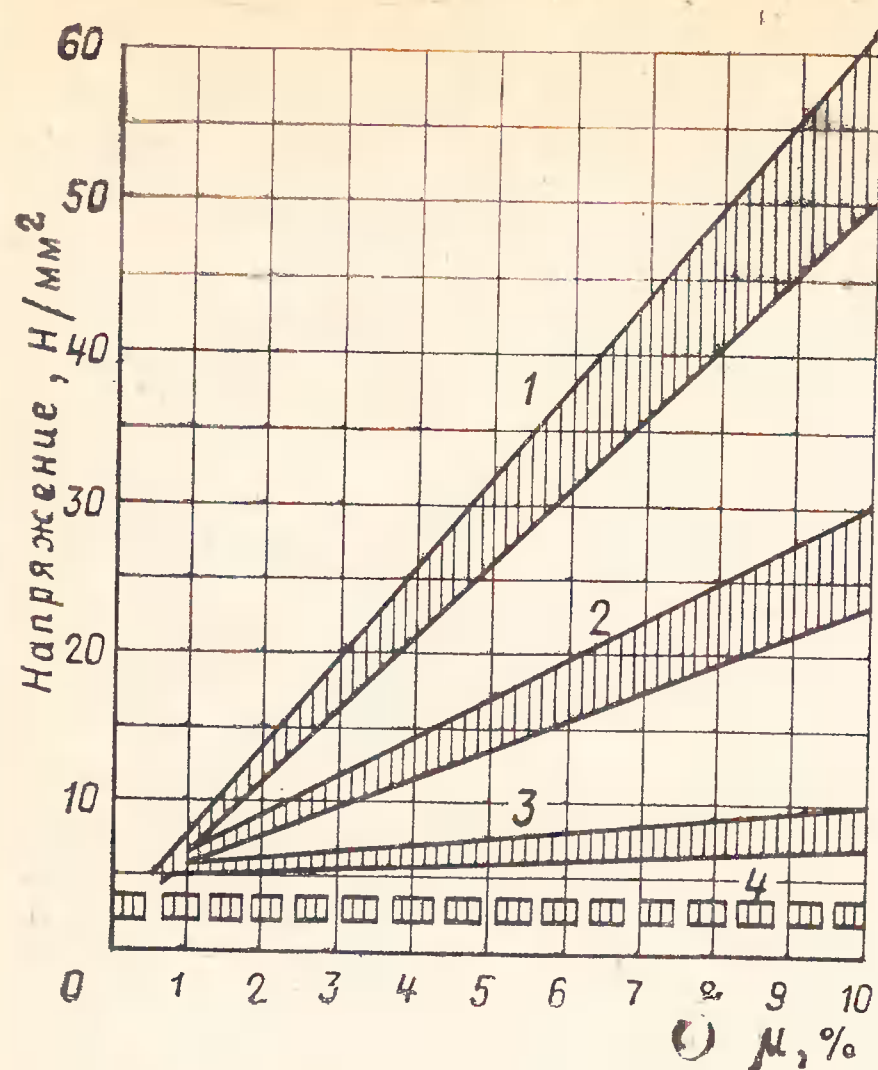


Рис. 3. Пределы изменений характеристик прочности стеклоармированных образцов на основе цементного (гипсового, гипсоцементно-пуццоланового) вяжущих при осевом растяжении в зависимости от содержания волокон (процента армирования) в образцах

1 — предел прочности; 2 — напряжения, соответствующие моменту образования визуально фиксируемых трещин; 3 — предел пропорциональности, соответствующий моменту образования трещин в образцах; 4 — предел прочности неармированных матриц

Испытания показали, что предел прочности армированных образцов при осевом растяжении возрастает линейно (независимо от вида вяжущего и волокон) по мере увеличения содержания волокон в образцах. На рис. 3 показаны границы прочности стеклоармированных образцов с цементной и гипсовой матрицами при осевом растяжении в зависимости от процента армирования. Абсолютные значения прочности и их отклонения при растяжении зависят в основном от процента содержания в образцах армирующих волокон.

Предел пропорциональности, соответствующий моменту образования трещин в композиции, при растяжении повышается с гораздо меньшей интенсивностью по сравнению с ростом предельных значений прочности армированного материала. При содержании в образцах менее 1% волокон (от площади поперечного сечения) разрушение происходит практически одновременно с разрушением цементного (гипсового) камня, т. е. в момент образования в матрице первой трещины. С увеличением волокон в материале до 10% разница меж-

ду напряжениями, при которых образуются трещины, и прочностью неармированного материала увеличивается более чем в 2 раза. Визуально фиксируемые трещины с шириной раскрытия 0,01—0,05 мм обнаруживаются при напряжениях, составляющих примерно 45—55% предела прочности композиции.

Прочность армированного материала на сжатие определяется главным образом прочностью матрицы. Повышение содержания волокон в матрице может привести к снижению ее сопротивления сжатию. При содержании в образцах 10% волокон прочность на сжатие композиции уменьшилась на 30%. Как известно, аналогичная картина наблюдалась также в ряде случаев при испытаниях армоцемента. Это объяснялось тем, что при достаточно большой дисперсности тонкая и весьма гибкая арматура может ослабить сечение цементной матрицы, что в свою очередь приведет к снижению ее прочности на сжатие.

На рис. 4 показано влияние времени и окружающей среды на прочность образцов цементного камня с различными видами дисперсной арматуры. Начальная прочность образцов принята за 100%. Как видно из графика, прочность на растяжение цементного камня, армированного алюмоборосиликатными волокнами, при повышенной влажности воздуха снижается во времени даже в том случае, когда матрица выполняется на глиноземистом цементе. Влияние нормальных температурно-влажностных условий на прочность подобной композиции менее ощутимо.

Наиболее благоприятные результаты получены на образцах из глиноземистого цемента, армированных базальтовыми волокнами, а также в гипсовых отливках с дисперсной арматурой из алюмоборосиликатных волокон. Прочность композиционных материалов при растяжении в этом случае существенно превышает прочность неармированной матрицы и незначительно отличается от исходной прочности материала, даже спустя 10 лет после изготовления. Влияние среды твердения портландских цементов, как и непосредственное воздействие раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ на аналогичную арматуру, более существенное: прочность армированных образцов в данном случае практически постоянно снижается [5]. Характерно, что щелочестойкие «AR»-стекло и «Цем-Фил», разработанные недавно в Англии, также частично снижают прочность в портландцементе [3, 4].

В настоящее время существуют различные точки зрения в вопросах прак-

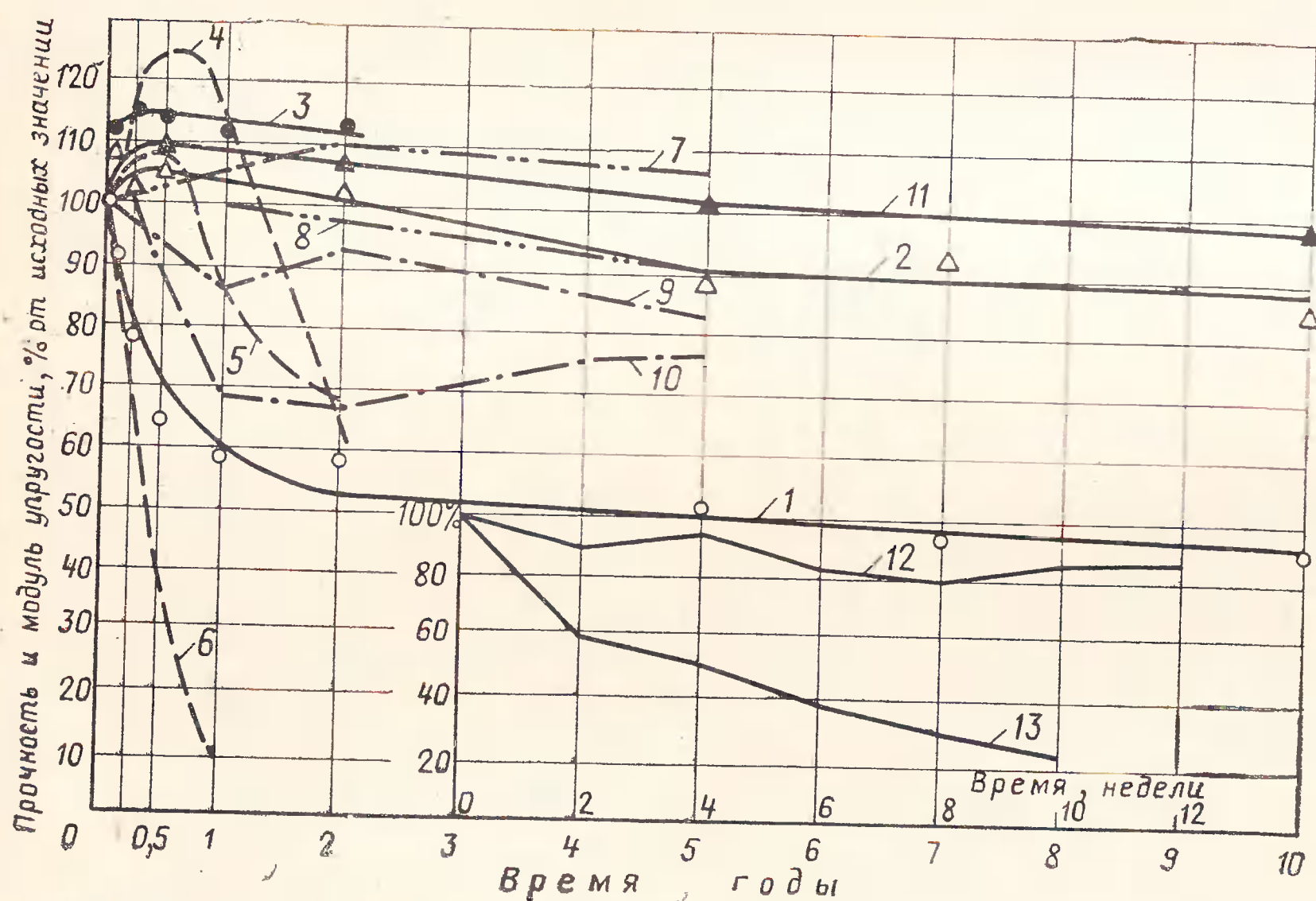


Рис. 4. Влияние времени и окружающей среды на прочность цементного (гипсового) камня, дисперсно армированного минеральными волокнами

1 — прочность на растяжение образцов на глиноземистом цементе с арматурой из алюмоборосиликатных стекловолокон (хранение образцов два года при повышенной 90±5% относительной влажности воздуха и при нормальной температуре, последующее время до 10 лет — хранение в лаборатории с естественными отклонениями температуры и влажности окружающей среды); 2 — то же, для образцов, армированных базальтовыми волокнами; 3 — то же, для образцов, армированных алюмоборосиликатными волокнами (нормальные температурно-влажностные условия); 4—5 — прочность на изгиб образцов на портландцементе с дисперсной арматурой, соответственно, из алюмоборосиликатных и базальтовых волокон (режим твердения влажный) по данным [5]; 6 — прочность на разрыв бесщелочных алюмосиликатных стекловолокон после действия насыщенного раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ по данным [5]; 7, 8 — модули упругости при растяжении образцов на портландцементе с дисперсной арматурой из щелочестойких стекловолокон «Цем-Фил» (режимы твердения, соответственно, в воде и на воздухе при 20°C) по данным [3]; 9, 10 — прочность на растяжение (тех же, что для 7, 8) соответственно на воздухе и в воде по данным [3]; 11 — прочность на растяжение гипсового камня, армированного алюмоборосиликатными волокнами (нормальные температурно-влажностные условия); 12, 13 — прочность на растяжение образцов на портландцементе, армированных, соответственно, щелочестойкими стекловолоконными «AR»-glass и волокнами «E»-glass (алюмосиликатными) по данным [4]

тического применения стеклоармированных материалов в строительстве. По нашему мнению, не следует преувеличивать возможности этого направления. Однако нельзя игнорировать тот факт, что в ряде случаев волокна могут значительно улучшить физико-механические свойства цементного камня.

Определенный интерес представляет применение волокон для армирования, прежде всего внутренних ограждающих конструкций — подвесных потолков, перегородок, воздуховодов, которые эксплуатируются, как правило, в сравнительно благоприятных условиях. Расчеты показывают, что тонкостенные стеклоармированные конструкции (с небольшим расходом волокон и цемента), изготавливаемые совместно с другими легкими и эффективными материалами: пенобетоном, пенопластами, фибролитом и т. п., при незначительной разнице их стоимости по сравнению с железобетонными могут обеспечить существенное (в 4 раза и более) снижение массы. По сравнению с аналогичными конструкциями из алюминия и стали может быть достигнута ощутимая экономия стоимости (в 2 и более раза). Представляет интерес использование волокон для армирования покрытий, облегченных навесных панелей, опалубочных изделий применительно к монолитным конструкциям, для упрочнения легких ячеистых бетонов, а также для конструкций, армирование которых назначается главным образом исходя из условий их транспортирования и монтажа.

Выводы

Решение вопросов, связанных с выбором минеральных волокон и вида вяжущего для армированных конструкций, следует осуществлять с учетом их функционального назначения и условий последующей эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Glass fibre reinforced high alumina cement. "Precast Concrete", 1972, 3, № 12.
2. Grimer F. G., Ali M. A. The strength of cement reinforced with glass fibres. "Magazine of Concrete Research", 1969, 21, № 66.
3. Majumdar A. J. Properties of fibre cement composites. "Fibre reinforced Cement and Concrete", Rilem Symposium, 1975, London.
4. Goh E. B., Diamond S. Validity of flexural strength reduction as an indication of alkali attack on glass in fibre reinforced cement composites. "Fibre reinforced cement and Concrete", Rilem Symposium, 1975, London.
5. Пащенко А. А., Сербин В. П. Армирование цементного камня минеральным волокном. УкрНИИТИ. Киев, 1970.
6. Зак А. Ф. Физико-химические свойства стеклянного волокна. М., Ростехиздат, 1962.
7. Андреевская Г. Д., Плиско Т. А. Некоторые физические свойства непрерывных базальтовых волокон. — «Стекло и керамика», 1969, № 8.

Конструкции

Инженеры А. Л. ЛЕВИТИН (ГПИ-5), Н. М. ФЕДОСЕНКО (Минпромстрой УССР), М. А. АРПАКСЫД (комбинат Черкаспромстрой), кандидаты техн. наук А. И. БУРАКАС, П. И. КРИВОШЕЕВ, инженеры А. В. ЧЕМЕР, Л. В. ВОДОПЬЯНОВ (НИИСК)

УДК 624.073.7.001.42

Опыт применения преднапряженных коробчатых настилов длиной 18 м

Многолетняя практика проектирования, строительства и эксплуатации текстильных предприятий в одноэтажных бесфонарных зданиях с железобетонными потолками выявила их конструктивные, эксплуатационные и экономические недостатки. К ним относятся большая материалоемкость, значительное количество монтажных элементов, дополнительные затраты, связанные с эксплуатацией межферменного пространства (вентиляция, отопление, освещение, транспорт, уборка), и повышенная пожароопасность.

Одним из возможных путей совершенствования зданий текстильной промышленности является использование для покрытий коробчатых настилов-воздуховодов. Научно-исследовательские и проектные разработки определили наиболее рациональные конструктивные решения настилов, технологию их изготовления, способы транспортирования и монтажа.

Первым экспериментальным промышленным объектом, построенным с применением коробчатых настилов, была Шувойская ткацкая фабрика площадью покрытия 3,8 тыс. м² при сетке колонн 18×6 м (проект ГПИ-8 Минлегпрома СССР и ЦНИИПромзданий при участии НИИСКА и НИИЖБа, производитель работ — трест № 7 Главмосбл-строя).

В 1975 г. завершено строительство производственного корпуса № 3 фабрики гигроскопической ваты в г. Черкасы, площадью покрытия 20 тыс. м² (проект ГПИ-5 Минлегпрома СССР при участии НИИСКА, производитель работ — трест Черкассхимстрой, настилы изготовлены производственным объединением Черкассжелезобетон).

Перекрытый коробчатыми настилами участок здания имеет размеры в плане 108×204 м и сетку колонн 18×12 м. По колоннам устанавливались неразрез-

ные балки длиной 12 м из высокопрочного бетона марки 600 с преднапряженными стыками. Натяжение арматуры в стыках осуществлялось электро-термическим способом. Поверху балок укладывались коробчатые настилы-воздуховоды длиной 18 м и приваривались к балкам. Промежутки между стенками соседних настилов использовались для прокладки спринклерных сетей и коммуникаций, а также установки светильников. Разрез рядовой ячейки здания показан на рис. 1.

Суммарные расчетные нагрузки на покрытие составляют: для рядовых участков 350 кгс/м², для участков со снеговыми мешками — 635 кгс/м² (без учета собственной массы конструкций); опалубочные размеры настилов для обеих нагрузок одинаковы, они отличаются лишь армированием. Некоторые настилы имеют щелевидные отверстия в нижней полке для воздухоотдачи. Кроме того, в нижних полках у торцов изделий запроектированы люки для устройства стыков и очистки каналов во время эксплуатации корпуса.

Наряду с основным типом настила, имеющим консольные свесы верхних по-

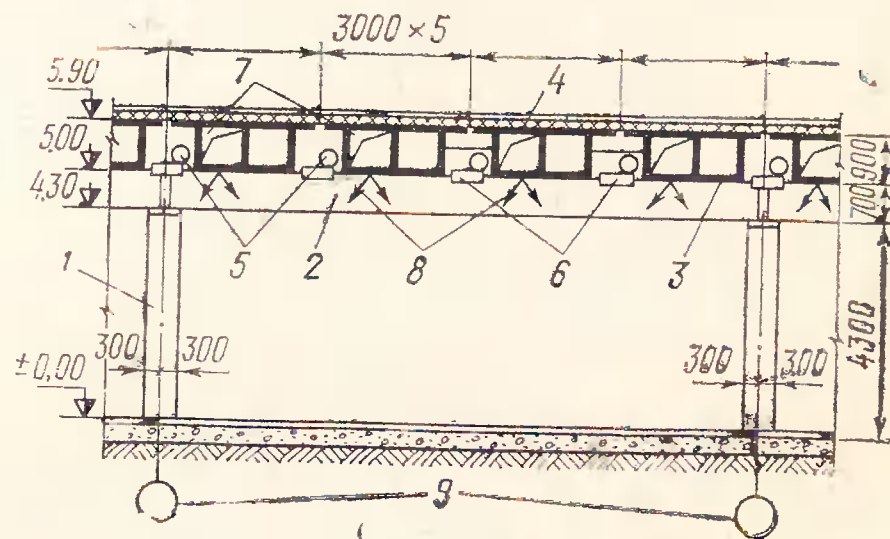


Рис. 1. Разрез рядовой ячейки здания

1 — колонна; 2 — 12-метровая балка; 3 — коробчатый настил; 4 — кровля; 5 — спринклерные сети; 6 — светильники с электросетями; 7 — воздуховоды; 8 — воздухоотдача; 9 — цифровые оси

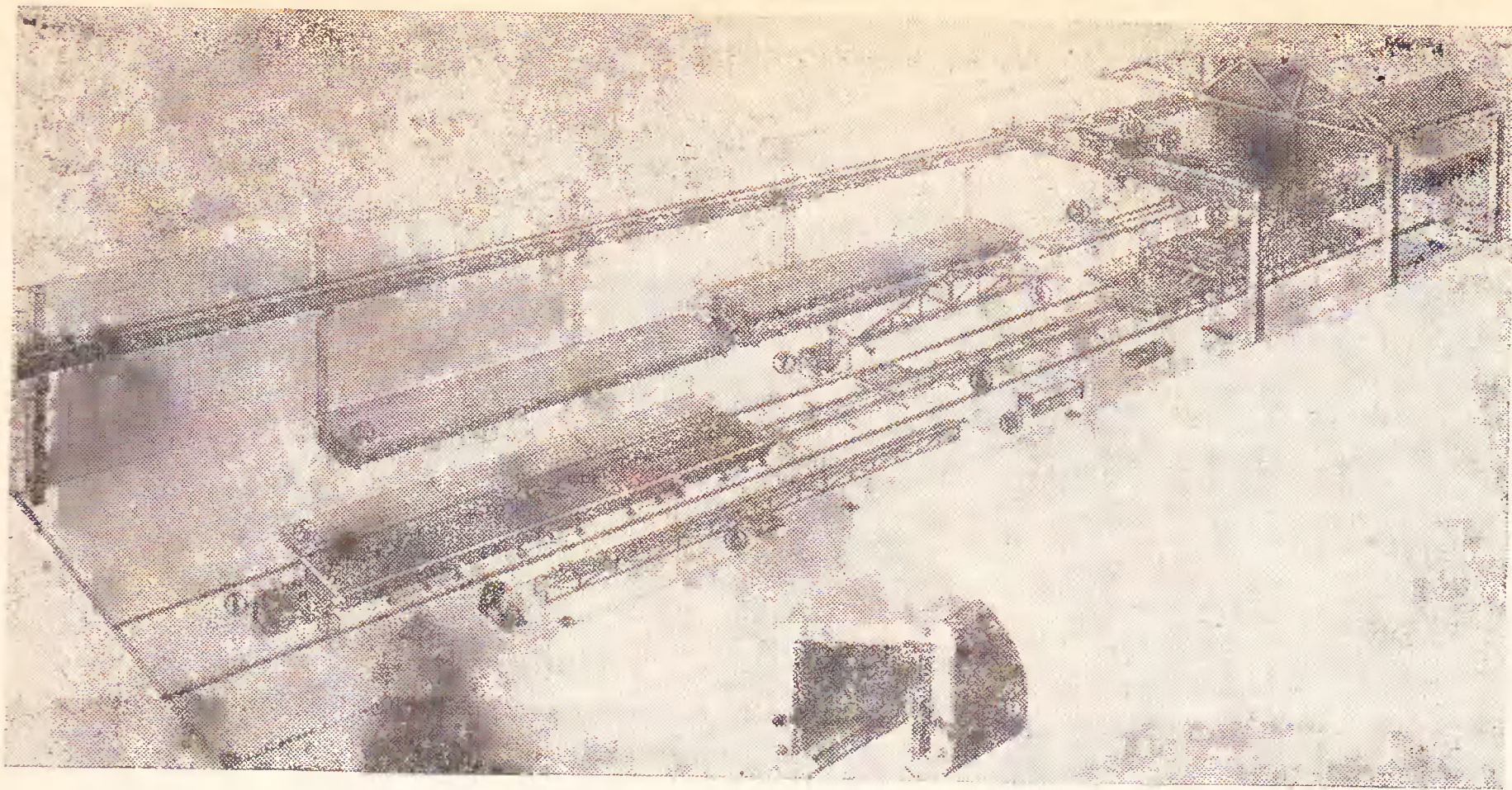


Рис. 2. Принципиальная схема изготовления коробчатых настилов длиной 18 м

1 — гидродомкрат с насосной станцией; 2 — упорная балка; 3 — опалубка; 4 — арматурные сетки; 5 — готовые изделия; 6 — установка для заготовки прядей; 7 — бадья; 8 — стенд с толкателями; 9 — траверса; 10 — верстак для подготовки зажимов; 11 — тележка для вывоза готовых изделий; 12 — кран мостовой $Q=30/5$ т; 13 — машина для формования настилов; 14 — вкладыш-пустотообразователь

лок, были разработаны также элементы без консольных свесов с местными вырезами, которые использовались на участках покрытий с большим количеством отверстий.

Влажность воздуха в каналах воздуховодов — до 90% при температуре до 20°C. Коробчатые настилы запроектированы как конструкции второй категории трещиностойкости, работающие в слабоагрессивной среде. Проектная марка бетона настилов М 400, марка по водонепроницаемости В-6, масса изделий 16,4 т.

В качестве напрягаемой арматуры приняты семипроволочные пряди диаметром 15 мм из стали класса П7. Крайние стенки настила армируются 2-

мя и 3-мя прядями, а средние — 3-мя и 4-мя соответственно под обычные и увеличенные нагрузки. В качестве ненапрягаемой арматуры применяют сварные каркасы и сетки, в основном из холоднокатаной проволоки класса В-I. Стенки настилов армируются плоскими каркасами, а сетки полок загибаются в стенки, что улучшает условия образования замкнутого контура в поперечном сечении.

На торцевых участках настилов предусмотрено усиленное армирование нижних полок и стенок, что обеспечивает их трещиностойкость при передаче усилий предварительного напряжения на бетон. Натяжение семипроволочных прядей на упоры предусмотрено механическим способом.

Коробчатые настилы изготавливают по стендовой технологии. Технологическая линия основана на применении двух комплектов опалубки и металлических вкладышей-пустотообразователей, используемых по челночной схеме (рис. 2). Между двумя опалубками располагается механизм для извлечения вкладышей-пустотообразователей. В комплект оборудования входит также установка для заготовки прядей мерной длины.

Линия обслуживалась мостовым краном грузоподъемностью 30/5 т и бетоноукладчиком типа 7151/ЗСБ. Бетонная смесь подавалась в бадьях бетоновозной тележкой, готовые изделия вывозили на самоходной тележке типа 6274С с прицепом типа 6275С.

Коробчатые настилы выпускали в такой последовательности. В подготовленную наружную опалубку, очищенную и смазанную, укладывались сетки нижней полки, каркасы, напрягаемая арматура

и закладные детали, после чего производилось натяжение прядей на 50% проектной величины. Формовалась нижняя полка изделия (в пределах между стенками). На отформованную нижнюю полку краном устанавливали вкладыши-пустотообразователи, укладывали сетки верхней полки, устанавливали торцовый щит и производили полное натяжение арматуры, укладывали и уплотняли бетонную смесь в стенках и верхней полке изделия.

Тепловая обработка изделий осуществлялась в формах методом контактного прогрева при подаче пара в полости наружной оснастки и вкладышей-пустотообразователей. Через 4—6 ч снимали один торцовый щит, извлекали складывающиеся вкладыши-пустотообразователи, которые затем использовали во второй форме, а изделие проходило остальную часть цикла тепловой обработки. После тепловой обработки открывали продольные щиты наружной оснастки, с помощью гидродомкратов производили плавную передачу напряжения на бетон изделия, обрезали напрягаемую арматуру, снимали изделие краном и устанавливали его на пост доводки.

Процессы открывания и закрывания продольных щитов опалубки длиной 18 м, складывания и извлечения вкладышей-пустотообразователей, а также установки их в рабочее положение были полностью механизированы, а управление ими осуществлялось со специального пульта.

При освоении производства коробчатых настилов не все технологические процессы осуществлялись в соответствии с разработанной технологией, что повлияло на показатели работы цеха и качество изделий. Так, не был изготовлен формующий агрегат. На портале бетоноукладчика были прикреплены лишь виброрейки для формования нижней и верхней полок изделий, а бетонная смесь в стенках уплотнялась виброгребенкой специальной конструкции, переставляемой по длине изделия краном. Бетонная смесь подавалась с помощью крана из бадьи. Не была организована фиксация арматурных сеток, каркасов и закладных деталей, отсутствовал действенный контроль режима термообработки.

В процессе освоения выпуска коробчатых настилов проведены производственные испытания отдельных изделий, в результате которых установлено наличие определенного резерва надежности в таких конструкциях. Расхождения между опытными прочностными характеристиками и контрольными, определенными по ГОСТ 8829—66, были не-



Рис. 3. Монтаж коробчатого настила

большими. Установлены высокие показатели жесткости, которая оценивалась относительным прогибом, составившим: $f/l = 1/600 - 1/1000$.

Нагрузки, при которых имело место образование трещин в стенках, в местах расположения напрягаемой арматуры, были близки к контрольным. Превышение опытного момента трещинообразования по отношению к контрольному достигало 10—15%.

Наличие технологических дефектов привело к некоторому снижению трещиностойкости нижних полок, являющихся лишь конструктивным, а не несущим элементом коробчатых настилов.

В процессе строительства отрабатывались вопросы транспортирования и монтажа изделий, устройства стыков. Перевозка коробчатых настилов осуществлялась тягачом марки КрАЗ на специальном прицепе. Монтаж конструкций осуществлялся краном Э-2508 на гусеничном ходу (рис. 3) грузоподъемностью 60 т. Общий вид строительства показан на рис. 4.

Выводы

Опыт возведения производственного корпуса № 3 Черкасской фабрики гигроваты подтвердил техническую возможность и экономическую целесообразность строительства бесчердачных зданий текстильной промышленности с использованием коробчатых настилов-воздуховодов. Использование таких конструкций позволяет снизить расход бе-

тона на $0,1 \text{ м}^3/\text{м}^2$; расход металла на $19 \text{ кг}/\text{м}^2$, стоимость строительства на $13,6 \text{ р}/\text{м}^2$ по сравнению с зданиями, имеющими технические чердаки.

В зданиях с коробчатыми настилами-воздуховодами обеспечиваются необходимые санитарно-гигиенические и производственные условия эксплуатации. Между настилами успешно размещаются инженерные коммуникации, светильники люминесцентного освещения, шахты дымоудаления и местных вытяжек. При необходимости эти промежутки могут быть использованы для освещения отдельных встроенных подсобно-вспомогательных помещений.

Опыт показал, что коробчатые настилы достаточно технологичны, изготавливаются с помощью простого и надежно-

го оборудования. Трудоемкость строительства существенно снижается по сравнению со зданиями с техническими чердаками. Во вновь создаваемых цехах по выпуску коробчатых настилов в Червонограде (Львовская область) и Мозыре (БССР) внесены изменения в технологию и оснастку, они упрощены с учетом опыта изготовления настилов в Черкассах.

Учитывая технико-экономические показатели коробчатых настилов, представляется целесообразным использовать их в дальнейшем в текстильной и других отраслях промышленности со сходными условиями эксплуатации.

Коробчатые настилы могут найти применение и при строительстве многоэтажных зданий.

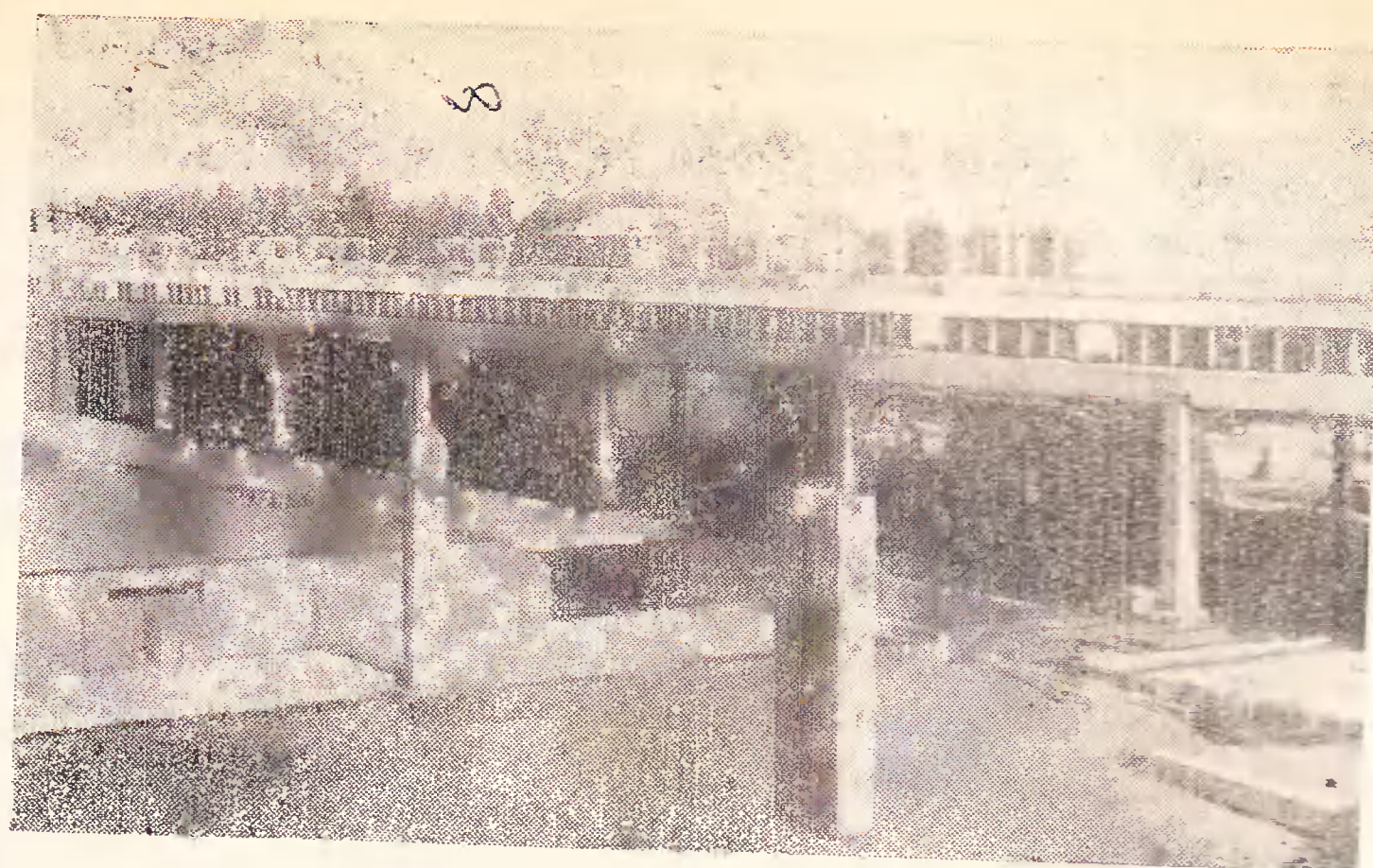


Рис. 4. Общий вид строительства фабрики гигроваты

Инж. Д. М. СУББОТИН (трест Оргтехстрой Главзападуралстроя),
канд. техн. наук А. А. СВЕТОВ (НИИЖБ)

УДК 624.073.72.012.45

Усовершенствование ребристых плит размером 3х6 м

В Главзападуралстрое в Перми для изготовления ребристых плит покрытий размером 3х6 м серии 1.465-7 применяется конвейерная технология изготовления плит с электротермическим натяжением арматуры. Расположение монтажных петель на поверхности полки на расстоянии 1 м от опоры затрудняло их установку и отделку, а также снижало технологичность изготовления.

Поэтому строповочную петлю перенесли на опору, совместив ее с анкерными

стержнями закладной детали, и расположили петлю ниже поверхности полки плиты, образуя в теле бетона углубление для строповочного крюка (рис. 1). Такое решение основывалось на том, что благодаря наличию большой массы бетона на опоре (вследствие устройства вута в узлах сопряжения крайнего торцевого ребра с продольным) оказалось возможным образовать пустоту для строповочной петли в верхней части опоры, не

снижая ее прочности в целом, что подтвердили испытания.

Изготовление плит 3х6 м по конвейерной технологии осуществляется по схеме, приведенной на рис. 2. Металлические силовые формы-опалубки располагаются поперек конвейера. Началом процесса является установка на конвейер силовой формы-опалубки. Закрепление форм, армирование, бетонирование и термообработка осуществляются в процессе циклического движения форм вдоль

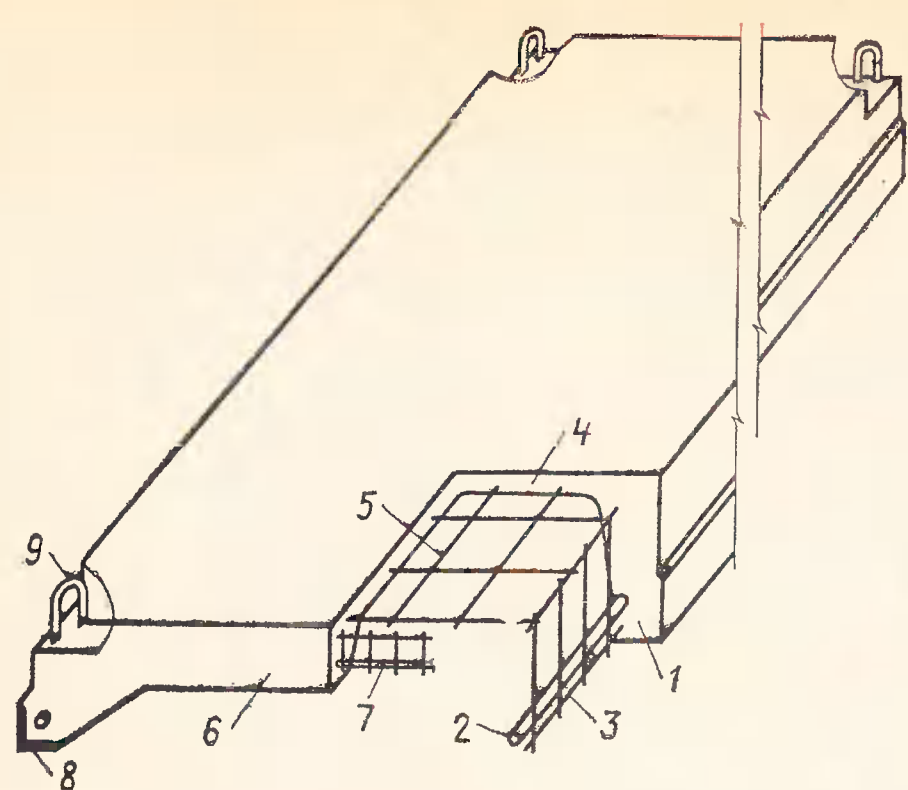


Рис. 1. Плита 3×6 м

1 — продольные ребра; 2 — напрягаемая стержневая рабочая арматура; 3 — плоский каркас продольного ребра; 4 — полка плиты; 5 — сетка полки плиты; 6 — поперечное ребро; 7 — плоский каркас поперечного ребра; 8 — закладная деталь; 9 — монтажная петля, совмещенная с закладной деталью

конвейера со скоростью 1,7 м/мин. Продолжительность цикла составляет 15 мин. Скорость движения металлических форм определена с учетом времени, необходимого на установку рабочей и конструктивной арматуры, бетонирование и термообработку бетона в камере непрерывного действия.

Электротермическое натяжение арматуры осуществляется на специальной установке, смонтированной непосредственно над конвейером и ориентированной вдоль металлических форм.

Сразу после укладки нагретых стержней в металлическую форму, снабженную еще до укладки напрягаемых стержней закладными деталями, производят установку плоских каркасов продольных и поперечных ребер, конструктивную арматуру и сетку полки плиты с привязкой ее к верхним стержням плоских каркасов.

После этого форма с арматурой приближается к самоходному бетоноукладчику и производится бетонирование плиты с одновременным уплотнением бетона поверхностными вибраторами. В процессе укладки самоходный бетоноукладчик движется вместе с формой. По оконча-

нии бетонирования заполненная форма поступает в камеру термообработки непрерывного действия и продолжает перемещаться, но уже в обратном направлении, в нижнюю часть конвейера. В начале конвейера форму с отвердевшим бетоном поднимают и освобождают плиту. Готовая плита поступает на склад готовых изделий, а форма — на конвейер.

Испытание плит производили на заводе-изготовителе по методике НИИЖБ. Целью опытов были проверка прочности строповочной петли опорных участков продольных ребер при ослаблении сечения ввиду образования углубления для петли и изучение действительной работы плит под нагрузкой. Для испытания использовали плиты под наибольшую расчетную нагрузку—1300 кг/м², учитывая наиболее тяжелые условия работы опорных участков с ослабленным сечением. Плиты подвергали действию равномерно распределенной кратковременно действующей нагрузки до разрушения и длительно действующей нормативной нагрузки в нормальных температурных условиях (18—20°C).

Нагрузку прикладывали ступенями по 50 кг/м² специально изготовленными бетонными блоками, измеряя деформации бетона, арматуры и прогибы.

Проверяя на первом этапе прочность совмещенных петель на нагрузки, действующие при распалубке и монтаже, установили, что бетон в зоне закрепления монтажных петель работает как монолитный. Выбранный уклон расположения петель соответствует направлению действия усилий от строповочных тросов, поэтому стержни петли работали только на растяжение. Приварка монтажной петли к вертикальной стенке уголка закладной детали обеспечивала прочность заделки петли при действии на нее усилий, возникающих при подъеме плиты.

На втором этапе плиту нагружали вертикальной равномерно распределенной нагрузкой вплоть до разрушения, которое характеризовалось раздроблением

бетона сжатой зоны посередине пролета при достижении рабочей арматурой условного предела текучести $\sigma_{0,2}$ с образованием большого количества трещин в продольных ребрах и раскрытием их до 2 мм.

Прочность продольных ребер по наклонному сечению на приопорных участках, а также прочность опорных участков оказалась достаточной. Вплоть до полного исчерпания несущей способности плиты видимые наклонные трещины не были обнаружены. Для оценки работы приопорных участков продольных ребер (этим участкам уделено особое внимание, так как они расположены вблизи ослабленного сечения в зоне строповочных петель) установили тензометры по наклонному сечению наружной поверхности продольных ребер. На приопорных участках наружной поверхности обнаружались сжимающие деформации, что указывало на кручение продольных ребер, при котором возникают деформации сжатия.

Надежная работа приопорных участков продольных ребер при совместном действии крутящего момента и поперечной силы в плитах обеспечивается достаточным сопротивлением бетона и U-образным пространственным каркасом, установленным в соответствии с чертежами серии 1.465-7.

Крайние поперечные ребра находятся в таких же условиях, как и продольные—кроме изгиба они испытывают кручение. В этом случае существенное значение имела монолитная работа опорного узла сопряжения поперечного ребра с продольным. Как показали испытания, опорный узел оставался монолитным вплоть до исчерпания плитой несущей способности. Прочность опорного узла обеспечивалась втутом, позволяющим ослаблять сечение в верхней зоне для размещения петли.

Теоретический расчет прочности при действии изгибающего момента произвели для сравнения результатов опыта с

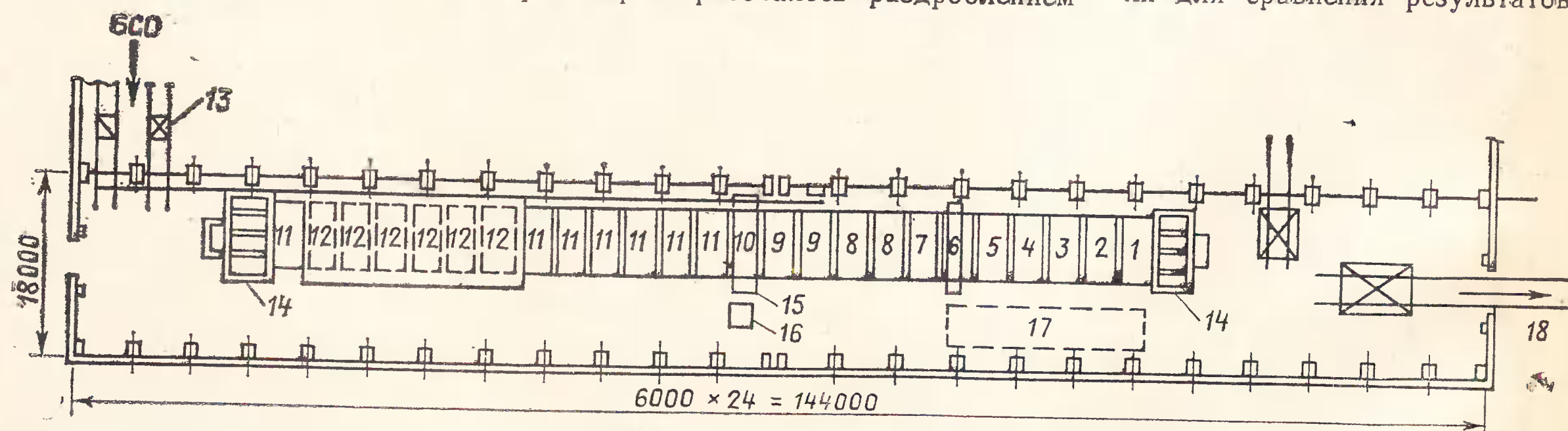


Рис. 2. Технологическая схема конвейерного изготовления плит

1 — открывание замков формы-вагонетки; 2 — пост распалубки; 3 — пост обрезки преднапряженных стержней; 4 — пост съема изделия и чистки формы; 5 — пост смазки формы; 6 — пост электронагрева и укладки стержней; 7 — пост закрывания бортов и укладки арматурных каркасов; 8 — пост укладки сеток; 9 — пост формовки; 10 — пост разравнивания поверхности плиты; 11 — резервные посты; 12 — камера предварительного твердения бетона; 13 — раздаточные бункера; 14 — подъемник-снижатель; 15 — бетоноукладчик; 16 — пульт управления двухъярусным станом; 17 — место складирования арматуры закладных деталей; 18 — склад готовой продукции

расчетом (при расчете использовали фактические механические характеристики арматуры и бетона). Применяя формулы СНиП II-B.1-62*, ширину полки уменьшали на 10% в соответствии с полученными опытными данными о вовлечении полки в сжатую зону; получена удовлетворительная сходимость результатов.

Выводы

По прочности, трещиностойкости и жесткости плиты с новой закладной деталью, совмещенной со строповочной петлей, удовлетворяют требованиям норм и при данном конструктивном армировании могут быть рекомендованы для массового применения при промышленном изготовлении их по конвейерной технологии с электротермическим натяжением арматуры на заводах ЖБК.

Усовершенствование закладной детали повышает технологичность изготовления плит на конвейере и снижает расход металла.

Вышли в свет:

Довжик В. Г., Дорф В. А., Петров В. П. Технология высокопрочного керамзитобетона. М., Стройиздат, 1976. 136 с., 6 000 экз., 38 к.

Залесов А. С. Фигаровский В. В. Практический метод расчета железобетонных конструкций по деформациям. М., Стройиздат, 1976. 101 с., 10 000 экз., 26 к.

Калниньш Г. А., Калис И. А. Керамзитобетон для несущих конструкций зданий. Рига. «Зинатне», 1976. 128 с. с ил., 1 000 экз., 44 к.

Карпенко Н. И. Теория деформирования железобетона с трещинами. М., Стройиздат, 1976. 204 с., 4 000 экз., 73 к.

В помощь заводским лабораториям

Инж. Ю. А. ТЫШКЕВИЧ, канд. техн. наук В. Н. ЛЕМЕХОВ
(УкрНИИ гидротехники и мелиорации)

УДК 691.327:539.4.002.5

Метод определения прочности бетона труб путем испытания колец

При изучении прочности бетона труб, изготавливаемых безвибрационными способами (радиальное, осевое прессование и др.), практически исключена возможность формования и применения образцов стандартной формы в виде восьмерок, призм, цилиндров или кубов. Поэтому в настоящее время для этих целей преимущественно используют методы натурных испытаний труб внутренним гидростатическим давлением или внешним нагружением. Являясь достаточно достоверными, они, однако, очень трудоемки (большие размеры образца, сложность герметизации концов труб). Поэтому для массовых опытов предпочтительнее методы определения прочности бетона на образцах небольших размеров, в данном случае в форме кольца, которое можно изготовить и испытать в условиях, наиболее сходных со способом производства и эксплуатации трубы. Значительный интерес в этом отношении представляет метод испытания колец или труб небольшой длины равномерным давлением, действующим по их внутренней поверхности. В работах отечественных ученых [1, 2] такой способ применяли для получения прочностных характеристик бетона труб на чистое растяжение. Отмечая неоспоримые достоинства метода, ряд авторов [3, 6] рекомендует его для стандартизации. Образцы испытывали на гидравлических устройствах, снабженных резиновой камерой, давление воды в которой равномерно передается на внутреннюю поверхность трубы или кольца. С торцов образец плотно закрывали двумя металлическими заглушками, защищающими камеру от разрыва. Для обеспечения необходимой плотности заглушки прижимали к образцу стяжными винтами. Такие устройства нельзя признать достаточно совершенными, так как их сборка и разборка довольно трудоемки и, кроме того, обжатие образца может исказить показания опытов.

УкрНИИ гидротехники и мелиорации разработал конструкцию более совершенного устройства для испытания колец

внутренним гидравлическим давлением, а также оснастку для изготовления опытных образцов и с 1971 г. успешно ее применяет.

В качестве оснастки для изготовления образцов использовали универсальную форму с комплектом поддонов, конструкция которой обеспечивает уплотнение бетонной смеси различными способами: вибрированием, статическим давлением, осевым или радиальным прессованием (рис. 1). Форма проста и надежна в эксплуатации (на ее сборку или разборку затрачивается 15—20 с).

При сборке на гайку-фиксатор, находящуюся в центре монтажной плиты, укладывают очищенный и смазанный поддон, устанавливают полуцилиндры, наружная поверхность которых имеет уклон $1^\circ 30'$, плотно насаживают на полуцилиндры коническую обойму, после чего во внутреннее пространство формы опускают пуансон и зажимают его винтом. На верхнюю часть формы насаживают загрузочную воронку.

Разборку формы и распалубку колец производят сразу после окончания формования. Для этого сначала незначительно сдвигают вверх коническую обойму, затем извлекают пуансон, для чего предварительно поднимают его на 20-мм вращением винта. В нижней части пуансон имеет распалубочный уклон, равный 0,02.

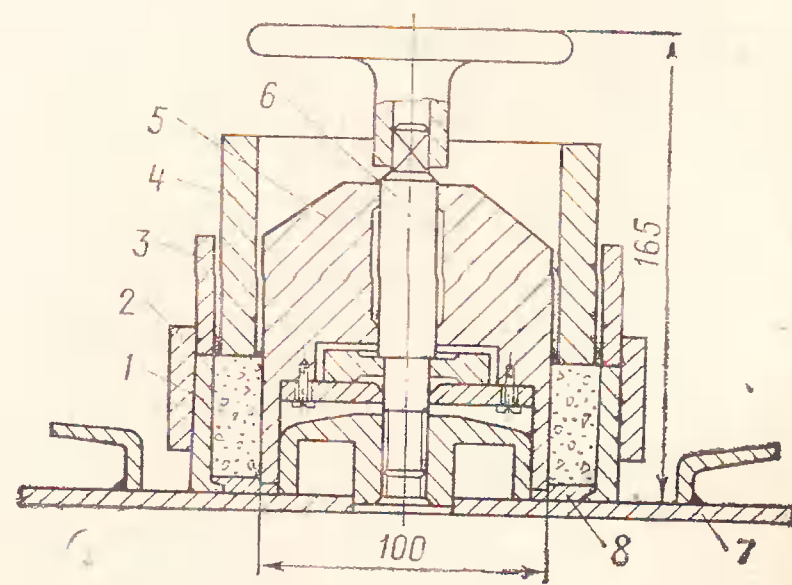


Рис. 1. Форма для изготовления колец

1 — полуцилиндр; 2 — обойма коническая; 3 — воронка; 4 — пригруз; 5 — пуансон; 6 — винт пуансона; 7 — плита монтажная; 8 — поддон

После извлечения пуансона убирают пригруз и коническую обойму, а образец вместе с поддоном и полуцилиндрами переносят на угол стола, где снимают полуцилиндры. Поддон освобождают после набора бетоном достаточной прочности.

При изготовлении колец радиальным или осевым прессованием пуансон не применяется. Форму крепят на плите с отверстием в центре для прохождения прессующей головки, отверстия такого же диаметра выполнены в поддонах.

Как показали опыты, в случае применения пластичной смеси немедленная распалубка затруднена в связи с прилипанием бетона к форме. В этом случае во избежание разрушения образцов при распалубке полуцилиндры следует снимать после предварительного сдвига вниз в сторону поддона.

Кольца испытывали на гидравлическом приборе, основным рабочим органом которого является испытательная камера (рис. 2). Чехол камеры, наружный диаметр которого в собранном виде на 3—4 мм меньше внутреннего диаметра образца, выполнен из технической резины. Для создания давления в камере применяли винтовой пресс в виде гидроцилиндра, шток которого приводится в движение вручную при помощи винтовой передачи. Объем рабочей камеры цилиндра для испытания колец диаметрами от 100 до 200 мм составляет 150 мл. При первоначальном заполнении системы водой воздух из камеры удаляется через кран в верхней части обоймы.

При испытаниях образец свободно устанавливается на резиновый чехол камеры, верхнюю открытую часть которого

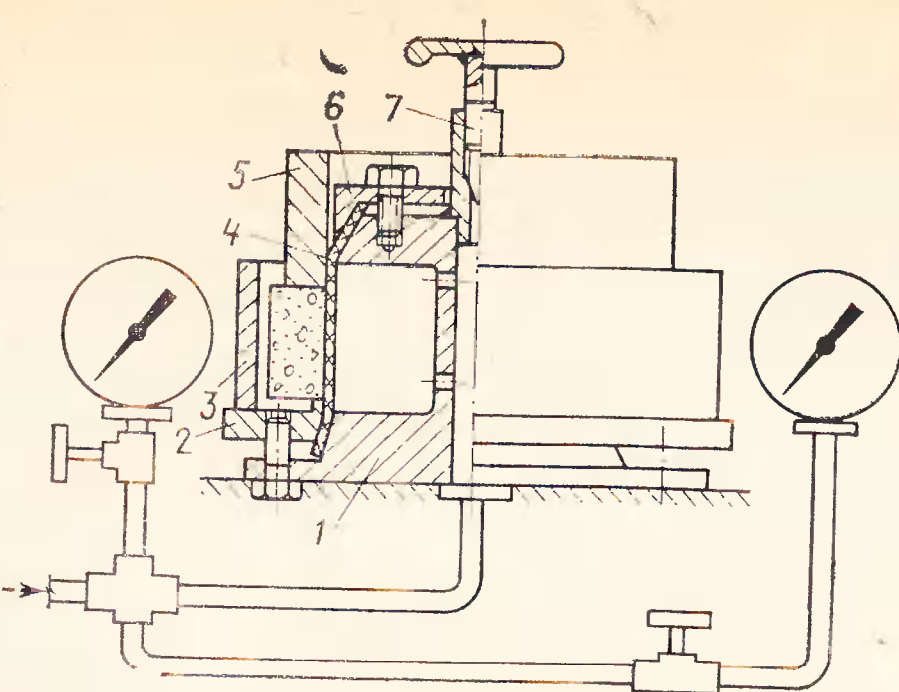


Рис. 2. Гидравлический прибор для испытания колец

1 — корпус испытательной камеры; 2 — фланец; 3 — кольцо ограждающее; 4 — чехол резиновый; 5 — кольцо предохранительное; 6 — обойма; 7 — кран

защищают от разрыва предохранительным металлическим кольцом. Необходимо следить за тем, чтобы торцы образца плотно прилегали к нижнему фланцу и предохранительному кольцу. Если на торцевой поверхности есть оковы, раковины или неровности, то чехол в этом месте следует защищать от расширения и разрыва гибкой прочной прокладкой (ткань и т. п.). Затем при помощи винтового пресса в камеру равномерно нагнетают воду, давление которой через стенки чехла передается на внутреннюю поверхность образца. После разрушения образца винтовым прессом из камеры откачивают воду для свободного съема предохранительного кольца и установки следующего образца.

Опытами установлено, что изменение длины образца в пределах от 2 до 4 h (h — толщина стенки кольца) не оказывает заметного влияния на результаты.

На приборе можно испытывать кольца различной длины, находящейся в пределах размеров резинового чехла. При испытании колец, толщина стенки которых составляет не более 0,2 от среднего диаметра окружности кольца, величину растягивающих напряжений в бетоне в момент разрушения образца следует определять по формуле для тонкостенных цилиндров, рекомендуемой в работе [4]:

$$\sigma = \frac{pr}{h},$$

где p — внутреннее разрушающее давление, МПа;

r — радиус окружности внутренней поверхности образца, см.

Выполненные опыты [5] показали, что метод определения прочности бетона при растяжении путем испытания образцов-колец внутренним давлением отличается простотой выполнения, обеспечивает хорошую сходимость результатов и может быть рекомендован для широкого использования в лабораторной практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов-Дятлов И. Г. О работе железобетона на растяжение. — В сб. трудов Московского института инженеров коммунального хозяйства «Инженерные конструкции», вып. II, М. — Л., Госстройиздат, 1941.
2. Столяров Я. В. Введение в теорию железобетона. М. — Л., Госстройиздат, 1941.
3. Десов А. Е. К вопросу об унификации методов испытаний строительных материалов. — «Строительная промышленность», 1953, № 9.
4. Клейн Г. К. Расчет подземных трубопроводов. М., Стройиздат, 1969.
5. Тышкевич Ю. А., Вандоловский А. Г. К методике определения прочности бетона труб при растяжении. В сб. научных трудов УкрНИИГиМ «Технология и организация строительства гидромелиоративных систем», Киев, 1973.

Гл. инженер А. Ф. ЖУРАВЕЛЬ, нач. отдела Г. П. КУХАРЬ
(трест Оргтехстрой Главкузбасстроя)

УДК 624.073.72.012.45:620.1

Испытательный стенд с пневмоподушкой для плит размером до 3x12 м

На кемеровском заводе ЖБК № 2 треста Железобетонстрой для определения несущей способности, жесткости и трещиностойкости плит внедрен испытательный стенд с пневмоподушкой.

Стенд, разработанный трестом Оргтехстрой, предназначен для испытания железобетонных плоских и ребристых плит размером до 3x12 м. Он представляет

собой переносную металлоконструкцию, состоящую из двух секций длиной 6700 мм каждая, которые стыкуются на месте монтажа дуговой электросваркой.

Рабочий орган стенда — пневмоподушка состоит из двух мешков. Первый склеен методом вулканизации из рулонного ремонтного рефера и рулонной про-слоечной сырой резины толщиной 0,8—

0,9 мм. Второй шит из технического брезента или парусины, причем швы выполняются в 5—6 строчек на расстоянии 5 мм друг от друга. Брезентовый мешок по ширине и длине на 20 мм больше про-резиненного.

Испытываемая плита после внешнего осмотра, обмера, побелки ребер и торцов, разметки устанавливается на опоры испытательного стенда. К этому мо-

менту должна быть определена и зафиксирована в акте прочность бетона конструкции. Для защиты пневмоподушки от разрыва на монтажные петли укладываются пластины размером 250×400 мм, вырезанные из прорезиненной транспортной ленты.

На плиту укладывают плотную друг к другу обе пневмоподушки, устанавливают на опоры (стойки) верхние плиты, которые фиксируют при помощи пальцев. На ребрах плиты у опор закрепляют четыре прогибомера или индикатора, а на продольных ребрах плиты посередине пролета по одному прогибомеру или индикатору. Вместо прогибомеров можно использовать металлическую линейку с ценой деления не более 1 мм.

Техническая характеристика стенда

Габаритные размеры стенда (длина×ширина×высота), мм	13 400×3460×1224
Общая масса стенда, кг	10 500
Размеры плит (длина×ширина×высота), мм	12 000×3000×450
Допускаемая нагрузка на 1 м² площади плиты, кгс/см²	4000
Размеры пневмоподушки, мм	3180×5900
Допускаемое давление сжатого воздуха, кгс/м²	0,4
Контроль давления сжатого воздуха в пневмоподушке осуществляется водяным манометром с ценой деления 20 кгс/м²	—1 см вод. ст.
Стенд обслуживает	1 человек

Применение стенда позволило проводить испытания в соответствии с требованиями СНиП и ГОСТ 8829—66; сократить время испытания одной конструкции (независимо от размеров) до 2,5 ч и снизить себестоимость испытания на 65—139 р. (в зависимости от размеров плиты и класса нагрузки).

Необходимую документацию можно получить в тресте Оргтехстрой по адресу: Кемерово, 45, ул. Д. Бедного, д. 6.

Вышли в свет:

Предельные состояния элементов железобетонных конструкций. Колл. авт. Под ред. С. А. Дмитриева. М., Стройиздат, 1976. 216 с., 5000 экз., 1 р. 5 к.

Технология минеральных теплоизоляционных материалов и легких бетонов. Авт. К. Э. Горяйнов и др. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Стройиздат, 1976. 536 с. 20 000 экз., 1 р. 34 к. (Учебн. пособие для вузов).

Долговечность

Кандидаты техн. наук И. Н. КАРЛИНА, А. В. ЧЕРНОВ
(Ростовский Промстройинипроект)

УДК 691.32:620.193.4

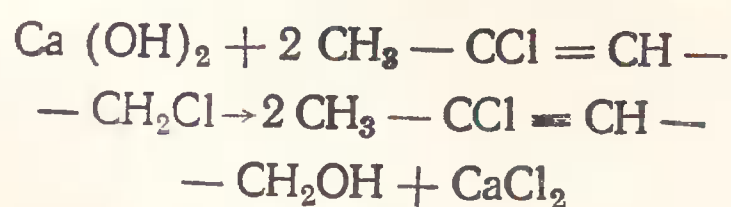
Коррозия бетона в дихлорбутене

Обследование состояния строительных конструкций на Ереванском и Усольском химкомбинатах показало, что многие железобетонные элементы производственных зданий и сооружений интенсивно разрушаются при попадании на них дихлорбутена, в избытке выделяющегося при получении хлоропренового каучука.

Дихлорбутен ($\text{CH}_3\text{—CCl=CH—CH}_2\text{Cl}$) — подвижная жидкость, не смешивающаяся с водой, ее вязкость при 20°C составляет $8,4 \cdot 10^{-3}$ П, поверхностное натяжение — 0,027 Н/м. В присутствии гидроокисей металлов дихлорбутен проявляет хорошо выраженные кислотные свойства [1].

В специальной литературе отсутствуют сведения о дихлорбутене, как агрессивной среде по отношению к бетону. Однако анализ физико-механических свойств позволяет предположить, что механизм коррозии бетона под воздействием этой жидкости определяется тем, что она имеет высокую проникающую способность и вступает в химическое взаимодействие с цементными минералами.

Реакция дихлорбутена с цементным камнем, очевидно, начинается с нейтрализации свободной гидроокиси кальция:



и соответствует II виду коррозии по классификации [2]. Но кинетика этого процесса в значительной мере определяется гетерогенностью реакции, развитие которой возможно только на границе раздела дихлорбутена и поровой жидкости цементного камня. Изучение системы насыщенный водный раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2\text{—CH}_3\text{—CCl=CH—CH}_2\text{Cl}$ показало, что при избытке последнего рН водной фазы снизился через 48 ч постоянного перемешивания всего лишь на 0,7, и в дальнейшем реакция протекала примерно с такой же незначительной скоростью. Испытания подтвердили, что дихлорбутен обладает значительно меньшей агрессивностью по отношению к бетону, чем раство-

ры минеральных кислот. Установлено также, что, улучшая свойства бетона с помощью полимерных добавок, можно значительно повысить его стойкость в этой агрессивной среде. Так, снижение прочности образцов размером 2,5×2,5×20 см после хранения их в дихлорбутене в течение 18 мес составило для бетона марки М 300 на портландцементе 56%, а для полимерцементного бетона с добавкой фурилового спирта — всего 12% [3]. Однако, несмотря на сравнительно высокую стойкость плотного бетона в дихлорбутене, железобетон под его воздействием разрушается весьма интенсивно.

Это связано со способностью дихлорбутена быстро насыщать капиллярно-пористые тела. Бетонный образец толщиной 25 мм полностью насыщается дихлорбутеном за 3,2 ч, в то время как водопоглощение у такого образца происходит через 48 ч. Из этого следует, что в отличие от растворов кислот, которые, попадая на цементный камень, реагируют с ним практически мгновенно и только на поверхности дихлорбутен сначала заполняет поровое пространство бетона, а затем постепенно вступает в обменную реакцию по всей толщине материала.

Такой механизм коррозии представляет наибольшую опасность для железобетонных конструкций, так как при попадании на них дихлорбутена реакция нейтрализации может происходить непосредственно в зоне расположения арматуры при неповрежденном защитном слое бетона.

Сравнительные испытания железобетонных образцов в однопроцентном растворе HCl и дихлорбутене подтвердили высокую агрессивность последнего по отношению к стальной арматуре. Цементно-песчаные образцы размером 7×7×14 см, армированные по центру шлифованными стальными стержнями Ø 10 мм, погружали в агрессивные среды (кислоту и дихлорбутен) на 8 ч, а затем в течение 16 ч выдерживали на воздухе. После 20 циклов площадь пораже-

ний стальных стержней внутри образцов в дихлорбутене составила 13,5%, в кислоте — 4,5%. Полученные результаты, так же как и характер разрушения строительных конструкций в натуре, позволяют сделать вывод, что дихлорбутен является весьма агрессивной средой по отношению к стальной арматуре.

В литературе последних лет широко обсуждается проблема коррозии железобетона в хлорсодержащих агрессивных средах. Однако рекомендуемые способы защиты стальной арматуры (повышение плотности защитного слоя, введение ингибирующих добавок [4,5] не могут слу-

жить надежной гарантией ее сохранности.

Испытания показали, что для этой цели можно использовать фурановые и эпоксидные антикоррозионные композиции. Для бетонных конструкций (монолитные полы, фундаменты под технологическое оборудование и др.) можно рекомендовать плотные полимерцементные бетоны на основе фурилового спирта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскинази Е. Г. Справочник физико-механических констант продуктов производства хлоропренового каучука. М., Наркомрезинпром СССР, ОБТИП, 1941.

2. Москвин В. М., Коррозия бетона. М., Госстройиздат, 1952.

3. Антонова И. Т., Саввина Ю. А., Лейрих В. Э. Полимерцементный бетон с добавками фурилового спирта и солянокислого анилина. — «Строительные материалы», 1964, № 7.

4. Енишерлова С. Г., Ратинов В. Б. Защита арматуры железобетонных изделий от коррозии с помощью добавок нитрита натрия. В сб. трудов НИИ промышленного строительства, вып. 2, М., Стройиздат, 1973.

5. Акимова К. М., Иванов Ф. М. О защите арматуры от коррозии ингибиторами в агрессивных средах. — «Бетон и железобетон», 1976, № 2.

Канд. техн. наук Е. С. СИЛАЕНКОВ (Уральский Промстройинипроект)

УДК 691.327.666.973.6

Повышение трещиностойкости изделий из автоклавных ячеистых бетонов

В последние годы внедрены некоторые технологические мероприятия, повысившие трещиностойкость ячеистых бетонов: запрещено применять цемент с добавками трепела, рекомендован минералогический состав цемента, обеспечивающий получение бетона с пониженной усадкой, разработана комплексная вибротехнология, обеспечивающая повышенную плотность межпоровых стенок и др. Однако только технологические приемы не обеспечивают трещиностойкость ячеистого бетона и изделий из него при усадочных деформациях. Для этого необходимо осуществлять комплекс мероприятий на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации изделия.

Между тем нормативные документы по проектированию и технологии изготовления изделий из ячеистого бетона не предусматривают комплексных требований по повышению трещиностойкости бетона и изделий из него при усадочных деформациях. Важность проблемы повышения трещиностойкости для ограждающих конструкций из ячеистых бетонов недооценивается.

Разработанные в СССР приемы повышения трещиностойкости ячеистых бетонов и изделий из них при усадочных деформациях используются недостаточно.

Существенным вкладом в практическое использование результатов многочисленных исследований является дифференци-

ция ячеистых бетонов по их трещиностойкости и дифференцированное использование таких бетонов. В проектах необходимо указывать вид бетона, из которого рекомендуется изготавливать данное изделие. Так как трещиностойкость бетонов на извести в 1,5—2 раза ниже, чем на цементе или смешанном вяжущем, необходимо использовать их для производства мелких стеновых камней и теплоизоляции, а крупноразмерные изделия изготавливать лишь на смешанном вяжущем, цементе или специальном вяжущем автоклавного твердения. Зависимость трещиностойкости ячеистого бетона от вида кремнеземистого компонента и метода образования пор служит основанием для дифференцированного применения ячеистых бетонов [1]. Например, пенобетон имеет пониженную в 1,5—2 раза трещиностойкость по сравнению с газобетоном, поэтому целесообразно использовать его лишь для производства мелких изделий.

Отсутствие комплексности в решении проблемы повышения трещиностойкости изделий из автоклавных ячеистых бетонов особенно сказывается на недостаточном внимании к способам уменьшения градиентов деформации по сечению изделия.

Одним из основных способов уменьшения величины градиента деформации по сечению изделия является увеличение ин-

тенсивности внутреннего массопереноса материала при одновременном уменьшении или сохранении на одном уровне показателей внешнего массообмена. Интенсивность внутреннего массообмена связана со структурой пористости: с ростом степени объединения макропор она увеличивается. При этом трещиностойкость бетона повышается. В то же время увеличение степени объединения макропор приводит к уменьшению прочности и морозостойкости бетона. Таким образом, структура пористости должна оптимизироваться одновременно по трем показателям: трещиностойкости, морозостойкости и прочности бетона.

Степень объединения макропор при прочих равных условиях увеличивается с ростом пористости, т. е. с уменьшением объемной массы бетона. Таким образом, одним из путей повышения трещиностойкости ячеистого бетона является уменьшение его объемной массы при сохранении достаточной прочности и морозостойкости. Например, уменьшение объемной массы газобетона с 700 до 500 кг/м³ повышает его трещиностойкость в 2,5—3,5 раза.

Значительно влияет на уменьшение градиента деформации по сечению изделия отделка фасадной поверхности панелей. Необходимо, чтобы градиенты усадки от перепадов влажности и степени карбонизации по сечению изделия не вы-

зывали появления в его поверхностном слое напряжений, превышающих предел прочности бетона при растяжении. Этому требованию удовлетворяет отделка каменными дроблеными материалами, рассчитанная по методике Уральского Промстройинипроекта [2]. С использованием этой отделки в Свердловске построено зданий площадью более 2 млн. м².

К пленочному покрытию в качестве отделки предъявляется гребование отсутствия трещин на его поверхности. Для этого предельная растяжимость пленочного покрытия должна быть выше деформации ячеистого бетона, развивающейся в эксплуатационных условиях. Такой является отделка типа «декор».

Для панелей с проемами наиболее эффективным способом предупреждения образования усадочных трещин в углах проемов является предварительное натяжение арматуры, применение которого уменьшает себестоимость производства этих панелей примерно на 2 р/м³.

Долговечность ячеистобетонных конструкций во многом зависит от своевременного ремонта отделки их фасадной поверхности. Однако нет никаких указаний о допуске сроков ремонтных работ для каждого вида отделки.

Ряд приемов повышения трещиностойкости ячеистых бетонов должен осуществляться на стадии изготовления изделий.

Уровень собственных напряжений кристаллического сростка и усадки ячеистого бетона уменьшается при использовании цемента без трепела и с пониженным содержанием алюминатов. Более значительный эффект можно получить при использовании специального автоклавного вяжущего с повышенным содержанием белита и с минимальным содержанием алита [3, 4].

При подборе состава ячеистого бетона критерием служит прочность при сжатии. Состав бетона, подобранный по максимуму прочности при сжатии, не является оптимальным по прочности при растяжении. Основные показатели бетона, определяющие его трещиностойкость, — усадка, прочность при растяжении, растяжимость — при подборе его состава не увеличиваются. Целесообразно подбирать состав ячеистого бетона по прочности при растяжении с одновременным обеспечением требуемой прочности при сжатии [5].

Добавка	Количество добавки, % массы сухих материалов	Объемная масса, кг/м ³	Прочность при сжатии, кгс/см ²	Прочность при растяжении, кгс/см ²	$\frac{R_p}{R}$
Доломит	—	685	51	5,4	0,107
Асбест сорта 7-го	2	730	54	7,3	0,135
То же	1,5	730	52	6,5	0,125
То же + жидкое стекло	2,5	698	54	7,9	0,147
То же	0,15+0,24	660	52	7,3	0,141
То же	0,25+0,24	707	63	8,7	0,138
То же	0,5+0,24	697	60	8	0,133
Смола № 89	0,15	707	55	7,2	0,132
То же	0,25	750	50	7,7	0,154

Перспективным способом повышения прочности при растяжении ячеистого бетона является направленное изменение технологических параметров, обеспечивающее образование в ячеистом бетоне наряду с другими гидросиликатами ксенолита и введение в сырьевую смесь органических и неорганических добавок, в том числе армирующих межпоровые стенки для повышения прочности бетона при растяжении.

Исследовали влияние около 30 органических и неорганических добавок на прочность ячеистого бетона при растяжении. Результаты опытов, приведенные в таблице, показали возможность увеличения предела прочности бетона при растяжении на 30—60%, а отношение R_p/R на 30—40% при использовании не дефицитных добавок. Применение этих добавок не требует изменения технологических параметров производства.

Все указанные приемы повышения трещиностойкости бетона должны войти в нормативные документы по проектированию и изготовлению изделий из ячеистого бетона. Одни из них должны рассматриваться как обязательные, а другие применяться лишь для определенной группы изделий.

С увеличением размеров и усложнением конфигурации изделий увеличивается число обязательных приемов. Например, трещиностойкость мелких армированных элементов и панелей из них, получаемых методом укрупнительной сборки, обеспечивается при уменьшении объемной массы бетона, применении отделок, повышающих трещиностойкость изделий, регламентации межремонтного периода вос-

становления отделок и своевременного ее ремонта. Для панелей полосовой разрезки длиной 6—7 м необходимо использовать большее число приемов, повышающих трещиностойкость. Более полным будет перечень приемов для панелей размером на комнату, получаемых непосредственной заливкой изделия.

В каждом конкретном случае с учетом вида выпускаемых изделий и условий производства можно установить комбинацию приемов, обеспечивающих трещиностойкость изделий при усадочных деформациях бетона.

Выводы

Особенностью автоклавного ячеистого бетона является его недостаточная эксплуатационная трещиностойкость.

Необходимо комплексное использование способов повышения трещиностойкости на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации изделий из этого бетона.

Нормативные документы по проектированию и изготовлению изделий из автоклавных ячеистых бетонов должны предусматривать не только их гарантированную прочность, но и гарантированную эксплуатационную трещиностойкость при усадочных деформациях. Для этого необходимо дополнить действующие нормативные документы рекомендациями по обеспечению эксплуатационной трещиностойкости бетона и изделий и данными по межремонтным периодам эксплуатации в зависимости от вида отделки фасадной поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Силаенков Е. С. О критериях стойкости ячеистых бетонов. — «Бетон и железобетон», 1972, № 4.
2. Методы испытаний и оценки долговечности ячеистых бетонов и панелей из них. Свердловск, Уральский Промстройинипроект, 1968.
3. Баженов П. И., Кавалерова В. И., Сальникова В. С. и др. Цементы автоклавного твердения и изделия на их основе. Л.—М., Госстройиздат, 1963.
4. Воробьев Х. С. Вяжущие материалы для автоклавных изделий. М., Стройиздат, 1972.
5. Силаенков Е. С., Основский Э. В. Об учете фактора трещиностойкости при подборе состава ячеистого бетона. — «Строительные материалы», 1973, № 9.

О. И. ПАШКОВ (Харьковский автомобильно-дорожный ин-т)

УДК 624.012.45.001.2

К вопросу проектирования прямоугольных пустотелых сечений при сложных деформациях

Принципы оптимального проектирования включают оптимальное распределение арматуры и бетона между взаимно перпендикулярными стенками сечения в зависимости от направления внешнего силового воздействия при заданных размерах сечения по осям стенок и расчетных сопротивлениях, а также оптимальное соотношение размеров сечения по осям стенок в зависимости от направления внешнего силового воздействия при заданных толщинах стенок, коэффициентах их армирования и расчетных сопротивлениях. Совместное или раздельное (в зависимости от реальных условий) использование этих принципов позволяет в соответствии с заданной нагрузкой подбирать сечения с минимальным количеством арматуры и бетона или при известном общем количестве арматуры и бетона и направлении внешнего силового воздействия проектировать сечения, обладающие максимальной несущей способностью.

Эти принципы получены на основе анализа несущей способности сечения при косом внецентренном сжатии, которое является общим случаем по отношению к рассматриваемым сложным деформациям. При этом для упрощения натуральное сечение (рис. 1) представим в виде прямоугольного контура с размерами, равными размерам натурального сечения по осям стенок. Все силовые факторы считаются сосредоточенными по соответствующим сторонам (линиям) этого контура (рис. 2). При расчете принято: бетон сжатой зоны имеет напряжение — $R_{пр}$, арматура сжатой зоны — $R_{а.с}$, арматура растянутой зоны — R_a , бетон на растяжение не работает. Такая расчетная схема остается неизменной во всех случаях работы сечения в предельном состоянии.

На основании уравнений статического равновесия в предельном состоянии, используя приведенные допущения, можно получить выражение предельного момента M_0 в зависимости от места приложения внешней предельной продольной силы и параметров сечения:

$$M_0 = f(d, b, F_a, R_a, R_{а.с}, F_b, R_{пр}, K, \frac{e_y}{e_x}, \varphi_1); \quad (1)$$

или

$$M_0 = f\left(\frac{d}{b}, F_a + F_b, \delta_y, \delta_x, R_a, R_{а.с}, R_{пр}, K, \frac{e_y}{e_x}, \varphi_1\right), \quad (2)$$

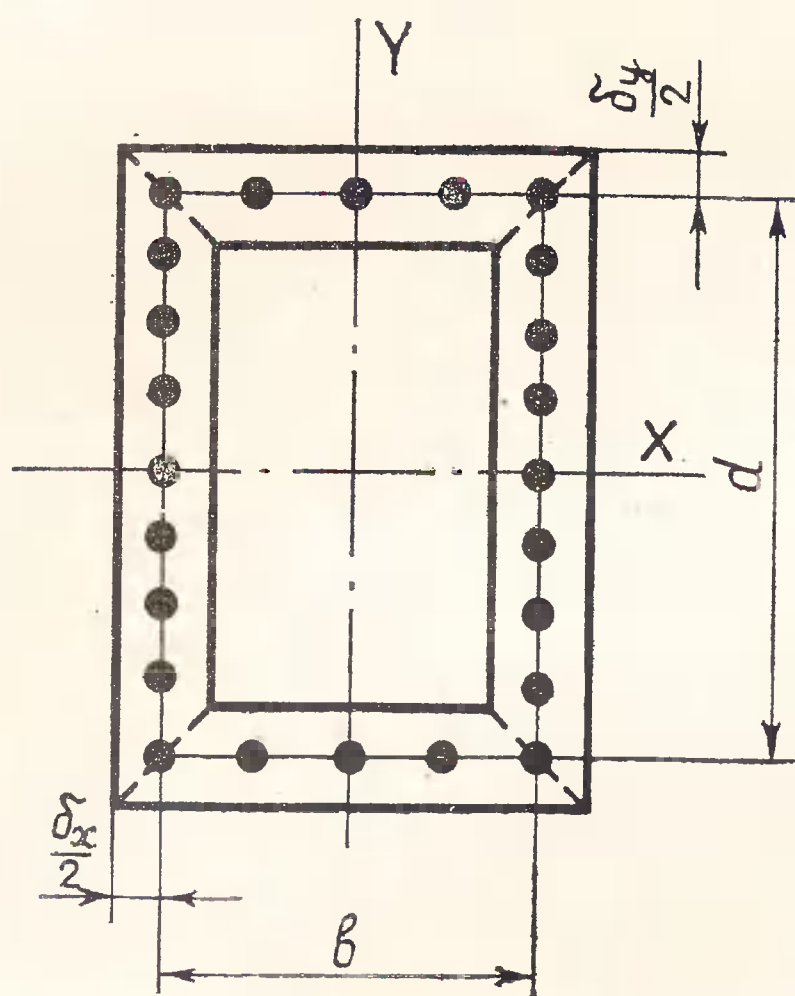


Рис. 1. Натуральное коробчатое сечение

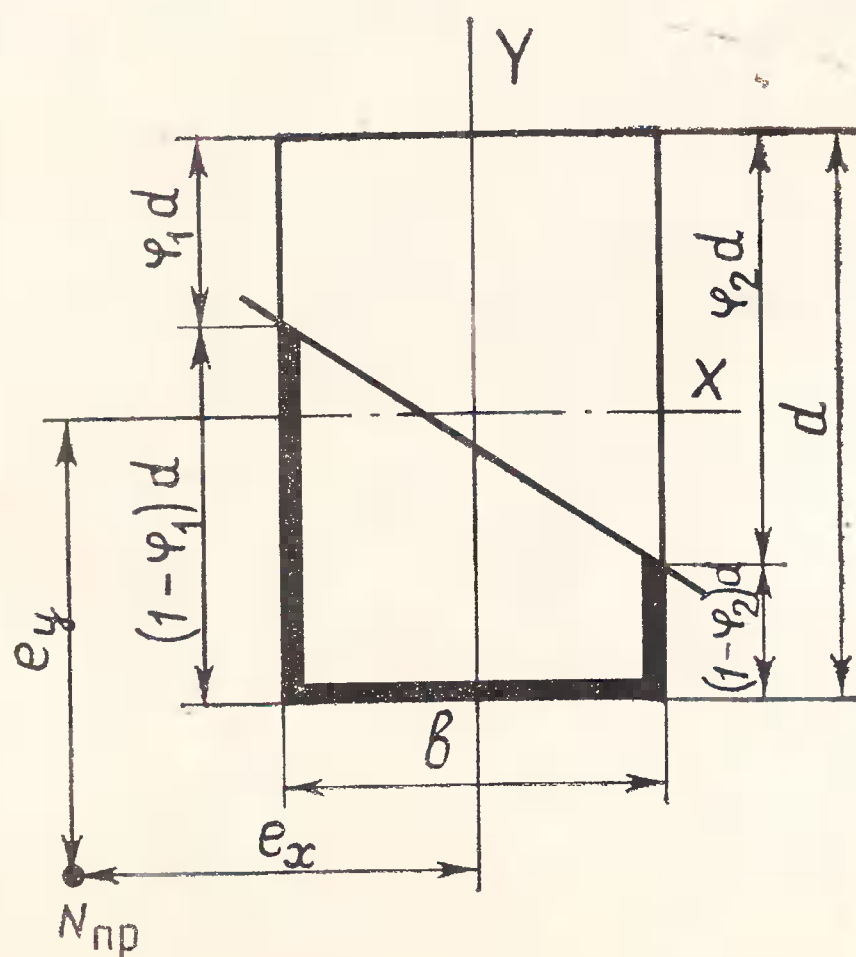


Рис. 2. Прямоугольный контур, рассматриваемый вместо натурального коробчатого сечения

где b, d — размеры сечения по осям стенок, соответственно, вдоль осей X и Y ;

F_a, F_b — общие площади арматуры и бетона в сечении;

e_y, e_x — эксцентриситеты внешней предельной продольной силы относительно осей симметрии сечения соответственно X и Y ;

φ_1 — относительная величина, характеризующая положение нейтральной оси в зависимости от места приложения внешней предельной продольной силы и параметров сечения;

δ_y, δ_x — толщины стенок сечения параллельных, соответственно оси X и Y ;

K — коэффициент, характеризующий распределение арматуры и бетона между взаимно перпендикулярными стенками сечения;

$$K = \frac{(1 + m_a) \mu_x \frac{R_a}{R_{пр}} + 1}{(1 + m_a) \mu_y \frac{R_a}{R_{пр}} + 1} \frac{\delta_y}{\delta_x};$$

Здесь μ_x, μ_y — коэффициенты армирования стенок сечения параллельных, соответственно осям X и Y .

$$m_a = \frac{R_{а.с}}{R_a}.$$

Исследуя выражение (1), можно определить наиболее эффективное распределение арматуры и бетона между взаимно перпендикулярными стенками сечения в зависимости от направления внешнего силового воздействия при заданных размерах сечения по осям стенок и расчетных сопротивлениях. Для этого при постоянных значениях $d, b, F_a, R_a, R_{а.с}, F_b, R_{пр}, \frac{e_y}{e_x}$ и при двух взаимозависимых переменных K и φ_1 определяем, приравнявая нулю полную производную $\frac{dM_0}{dK}$, такое значение K , при котором величина M_0 будет максимальной, т. е. решаем уравнение:

$$\frac{d M_0}{d K} = \frac{\partial M_0}{\partial K} + \frac{\partial M_0}{\partial \varphi_1} \frac{d \varphi_1}{d K} = 0.$$

В результате анализа полученного решения определяем, что максимально эффективное распределение арматуры и бетона получается при условии, если $K = \frac{e_y}{e_x}$, т. е.

$$\frac{(1 + m_a) \mu_x \frac{R_a}{R_{пр}} + 1}{(1 + m_a) \mu_y \frac{R_a}{R_{пр}} + 1} \frac{\delta_y}{\delta_x} = \frac{e_y}{e_x}. \quad (3)$$

Исследуя таким же образом зависимость (2), при постоянных $F_a + F_b$, δ_y , δ_x , R_a , $R_{a.c}$, $R_{пр}$, K , $\frac{e_y}{e_x}$ и двух взаимозависимых переменных $\frac{d}{b}$ и φ_1 определим самое эффективное соотношение

размеров сечения по осям стенок в зависимости от направления внешнего силового воздействия при заданных толщинах стенок, коэффициентах армирования стенок и расчетных сопротивлениях. В результате решения уравнения

$$\frac{d M_0}{d \left(\frac{d}{b} \right)} = \frac{\partial M_0}{\partial \left(\frac{d}{b} \right)} + \frac{\partial M_0}{\partial \varphi_1} \frac{d \varphi_1}{d \left(\frac{d}{b} \right)} = 0$$

получаем, что наиболее эффективно соотношение размеров сечения по осям стенок $\left(\frac{d}{b} \right)$ или $\left(\frac{b}{d} \right)$ будет при условии, что:

$$\begin{aligned} & \text{при } \frac{e_y}{e_x} \geq K \\ & \left(\frac{d}{b} + K \right)^2 - 0,5 \left(\frac{d}{b} + \frac{\delta_y}{\delta_x} \cdot \frac{1 + \mu_x}{1 + \mu_y} \right) \times \\ & \times \left(\frac{d}{b} + K \right) - \frac{e_y}{e_x} \times \\ & \times \sqrt{\left(\frac{d}{b} + K \right)^2 - \left[K^2 - \left(\frac{e_y}{e_x} \right)^2 \right]} = \\ & = K^2 - \left(\frac{e_y}{e_x} \right)^2; \end{aligned} \quad (4)$$

при $\frac{e_y}{e_x} \leq K$

$$\begin{aligned} & \left(\frac{b}{d} + \frac{1}{K} \right)^2 - 0,5 \left(\frac{b}{d} + \frac{\delta_x}{\delta_y} \times \right. \\ & \times \left. \frac{1 + \mu_y}{1 + \mu_x} \right) \left(\frac{b}{d} + \frac{1}{K} \right) - \frac{e_x}{e_y} \times \\ & \times \sqrt{\left(\frac{b}{d} + \frac{1}{K} \right)^2 - \left[\frac{1}{K^2} - \left(\frac{e_x}{e_y} \right)^2 \right]} = \\ & = \frac{1}{K^2} - \left(\frac{e_x}{e_y} \right)^2. \end{aligned}$$

В частных случаях условие (4) приобретает более простой вид. Для случая, когда

$$\mu_x = \mu_y, \left(K = \frac{\delta_y}{\delta_x} \right),$$

имеем:

$$\text{при } \frac{e_y}{e_x} \geq \frac{\delta_y}{\delta_x}$$

$$\frac{d}{b} = \sqrt{2 \frac{\delta_y}{\delta_x} \left(\frac{\delta_y}{\delta_x} + \frac{e_y}{e_x} \right)} - \frac{\delta_y}{\delta_x};$$

$$\text{при } \frac{e_y}{e_x} \leq \frac{\delta_y}{\delta_x}$$

$$\frac{b}{d} = \sqrt{2 \frac{\delta_x}{\delta_y} \left(\frac{\delta_x}{\delta_y} + \frac{e_x}{e_y} \right)} - \frac{\delta_x}{\delta_y}.$$

Для случая, когда

$$\mu_x = \mu_y, \quad \delta_y = \delta_x, \quad (K = 1),$$

имеем:

$$\text{при } \frac{e_y}{e_x} \geq 1$$

$$\frac{d}{b} = \sqrt{2 \left(1 + \frac{e_y}{e_x} \right)} - 1;$$

$$\text{при } \frac{e_y}{e_x} \leq 1$$

$$\frac{b}{d} = \sqrt{2 \left(1 + \frac{e_x}{e_y} \right)} - 1.$$

Полученные условия не всегда могут быть выполнены буквально. Это связано с тем, что при проектировании приходится соблюдать не только требование достаточной несущей способности по прочности, но и целый ряд других конструктивных и расчетных требований. Учитывая это, арматура и бетон в сечении должны распределяться между взаимно перпендикулярными стенками сечения по возможности в наиболее близком соответствии с условием (3) соотношение размеров сечения по осям стенок должно как можно ближе соответствовать условию (4).

В выражениях (3) и (4) направление внешнего силового воздействия по отношению к осям симметрии сечения характеризуется соотношением эксцентриситетов $\frac{e_y}{e_x}$ или $\frac{e_x}{e_y}$, что соответствует косому внецентренному сжатию или растяжению. Для случая косоугольного изгиба соотношения эксцентриситетов заменяются соотношениями моментов $\frac{M_y}{M_x}$ или $\frac{M_x}{M_y}$ (M_y , M_x — составляющие изгибающего момента в плоскости осей Y и X).

Несмотря на использованные допущения, справедливость этих принципов полностью подтверждается контрольными расчетами, выполненными в строгом соответствии с общими положениями и рекомендациями нормативной литературы. Однако, учитывая, что исследовались коробчатые сечения, у которых $\frac{\delta_y}{d} \leq 0,3$ и $\frac{\delta_x}{b} \leq 0,3$, необходимо ограничить применение этих принципов коробчатыми сечениями с такими относительными толщинами стенок.

Использование принципов оптимального проектирования прямоугольных коробчатых попарно-симметричных сечений при сложных деформациях позволяет экономить до 30% арматуры и до 40% бетона.

Инженеры Л. А. НОВОЖИЛОВ, В. Н. ФРОЛОВ (НИИЖБ)

УДК 624.953.012.45:539.3/4

Реконструкция резервуара с учетом его действительной работы

Рассматриваемый железобетонный резервуар служит накопительно-передаточным звеном в технологической схеме обработки сырья обогатительной фабрики. Сырье подается из цеха дезинтеграции

в виде пульпы зернистой массы, имеющей объемную массу 1,2 т/м³, а из резервуара оно поступает в цех гравитации.

Накопительная часть резервуара размером 60,6×7,9×11,7 м (рис. 1,а) разде-

лена внутренней диафрагмой на две равные емкости (АБВИ и ГДЕЖ), вмещающие по 1950 м³ зернистой массы.

Продольные стены (БВ, ГД) с соотношением сторон $H/l = 0,35$, рассчитанные

как подпорные стенки, имеют переменную толщину — 0,25 м вверху и 1,2 м внизу. Поперечные стены рассчитаны и выполнены как плиты, опертые по трем сторонам с соотношением $H/l=1,4$. Стенки в углах сопрягаются без вутов.

Во время эксплуатации прогиб продольных стен в полтора раза превысил расчетную величину и достиг 186 мм. В углах развились вертикальные трещины с раскрытием до 8—12 мм. Тогда проектный институт ввел ограничения по нагрузке емкостей. Необходимо было определить причины развития деформаций стен и разработать рекомендации по реконструкции резервуара.

В 1971 г. НИИЖБ провел обследование резервуара. Прочностные и другие характеристики бетона определяли неразрушающими методами в соответствии с ГОСТ 10180—67. Фактическое армирование стен выявили при помощи электромагнитного прибора ИЗС-7 и путем контрольных вскрытий арматуры, а величины трещин проверили при помощи отсчетного микроскопа МПБ-2.

Во время обследования была составлена программа, в соответствии с которой испытывали емкости при различных нагрузках пульпой, зернистой массой и водой. При этом были исследованы особенности работы стен под нагрузкой. Деформации стен (рис. 1, б) фиксировали при

помощи прогибомеров и замерами расстояний до неподвижных стоек здания. Проанализировали также данные о развитии деформаций во время двухлетней эксплуатации, полученные при помощи теодолита.

Испытания позволили установить следующее:

существующие нагрузки по величинам воздействия на элементы резервуара эквивалентны проектным;

прочность бетона и армирование резервуара, за исключением отдельных дефектных мест не менее предусмотренных в проекте величин;

значительных отступлений от проекта, которые могли бы повлиять на развитие трещин и чрезмерных прогибов стен, в выполненных конструкциях резервуара нет;

действительная схема работы резервуара во многом отличается от проектной расчетной схемы, рассматривавшей продольные стены как подпорные стенки.

В продольных стенах *БВ* и *ГД* с внутренней и наружной сторон образовались характерные для плит наклонные трещины с шириной раскрытия 0,1—0,4 мм. В основном эти трещины группируются в зонах, сопряженных с поперечными стенами и с приямками емкостей. Больше количество трещин расположено около узла *ВГ*, в углах которого концент-

рируются наибольшие напряжения. Во внутренних углах узлов этого узла на всю высоту резервуара развились опасные вертикальные трещины шириной 8—12 мм.

В средней поперечной стене *ГЖ* (рис. 2) образовалось значительное количество наклонных, малонаклонных и вертикальных трещин с шириной раскрытия в разгруженном состоянии 0,05—0,1 мм, а в загруженном — до 0,4 мм. У узла *ЖИ* зафиксирована сквозная трещина с раскрытием до 4 мм, которая прошла по участкам слабого бетона, что вызвало опасение за состояние анкеровки горизонтальной арматуры стены в узле *ЖИ*. В поперечных торцевых стенах резервуара трещин не обнаружено.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

продольные стены *БВ* и *ГД* в горизонтальном направлении работают как элементы двухпролетной рамы, что видно из графиков прогибов;

места максимальных прогибов смещены от середины сторон *БВ* и *ГД* к узлу *ВГ* как следствие расположения ослабляющих проемов в приямках резервуара и значительных усилий, действующих в узле *ВГ*;

часть упругого прогиба стены *БВ* равна 95 мм, а стены *ГД* — 63 мм; полные прогибы стен *БВ* и *ГД* соответственно составили 186 и 120 мм — по горизонтали в стенах развились значительные пластические деформации, а сопряжение стен с дном сохранилось без повреждений;

большие прогибы стен *БВ* в сравнении со стеной *ГД* объясняются более продолжительной эксплуатацией емкости *АБВ* по сравнению с емкостью *ГДЕЖ*, прочностные же характеристики этих стен практически одинаковы;

стены *БВ* и *ГД*, несмотря на значительное различие в величинах их сторон ($H/l=0,35$), работают как плиты, защемленные по трем сторонам.

Выявленные особенности учли при определении давления на плиты. Нагрузку по горизонтали и вертикали определяли из условия, что прогибы двух полос плиты, вырезанных во взаимно перпендикулярных направлениях, в месте их пересечения равны. Горизонтальные усилия в плитах каждой полосы находили по схеме замкнутой двухпролетной рамы.

Поверочные расчеты, выполненные с учетом фактических прочностных характеристик материалов и действительной работы стен на действие зернистой массы с объемным весом 1,2 т/м³ и коэффициентом перегрузки 1,2, показали, что в стенах резервуара возникают значительные горизонтальные усилия (пролетные и узловые моменты, продольные силы), вос-

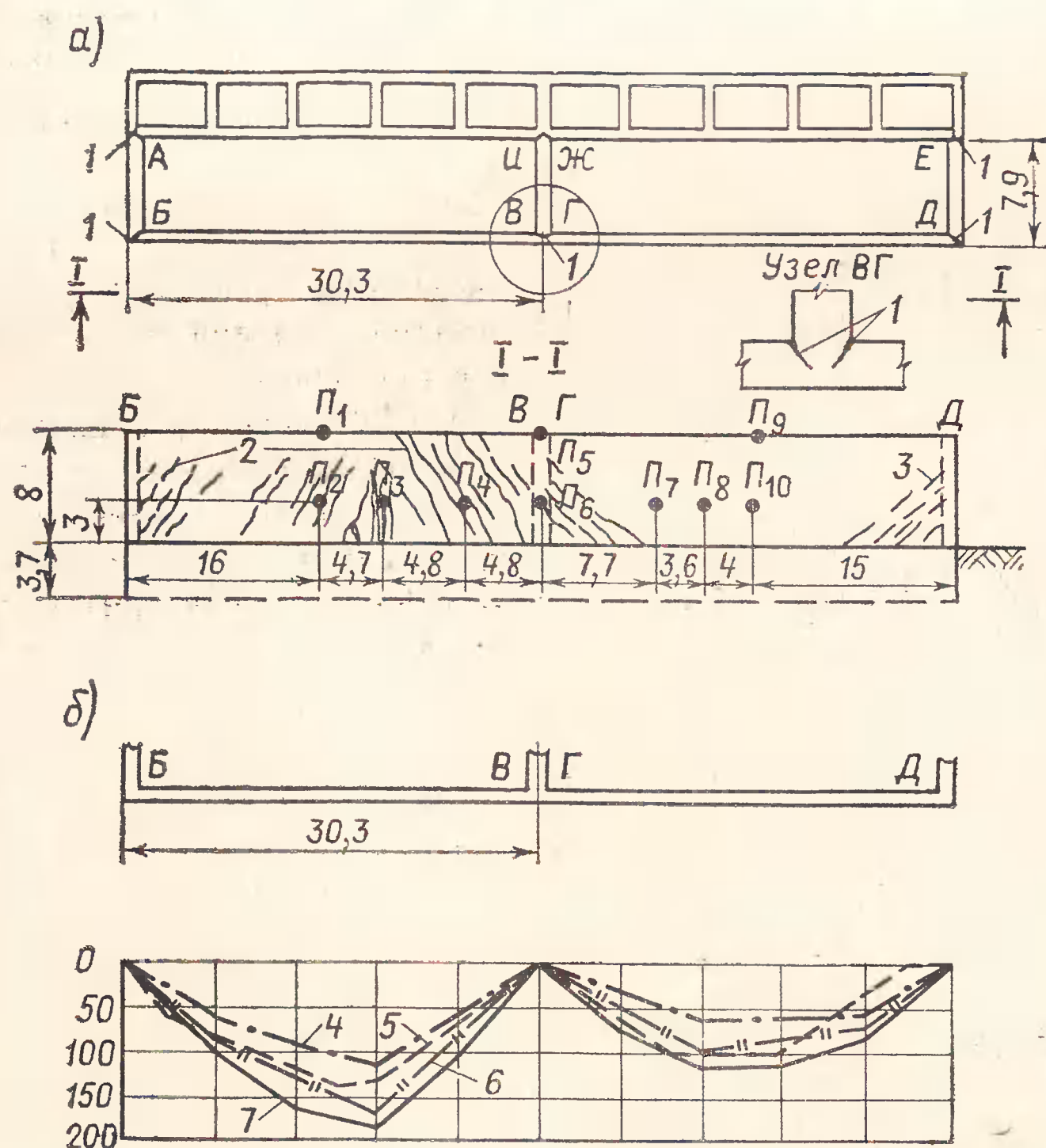


Рис. 1. Общий вид резервуара (а) и график деформаций продольных стен (б)

1 — вертикальные трещины во внутренних углах (8—12 мм); 2 — косые трещины снаружи стен *БВ* и *ГД*; 3 — косые трещины с внутренней стороны (трещины наружные на стене *ГД* условно не показаны); 4 — остаточные прогибы при полном нагружении; 5, 6 — прогибы при разовых и длительных нагружениях; 7 — прогибы при полном нагружении; Π_1 — Π_{10} — прогибомеры системы Аистова

приятие которых существующее горизонтальное армирование не обеспечивает.

Следовательно, для обеспечения дальнейшей нормальной эксплуатации резервуара необходимо было разработать рекомендации по его реконструкции. Были рассмотрены два предложения: не изменяя проектной расчетной схемы стен, сделать упругую заделку трещин во внутренних углах емкостей и поставить в этих углах стальные компенсаторы или изменить расчетную схему продольных стен, произвести преднапряжение стен, уменьшить их свободную высоту и жестко заделать трещины в углах без установки каких-либо компенсаторов. В последнем случае горизонтальные усилия в стенах значительно снижаются: пролетный момент уменьшается с 48,6 тс·м до 15,7, а в узлах *Б* и *В* соответственно с 27,7 до 8,9 и с 93,5 до 29,6 тс·м; прогиб верха стен уменьшается в два раза.

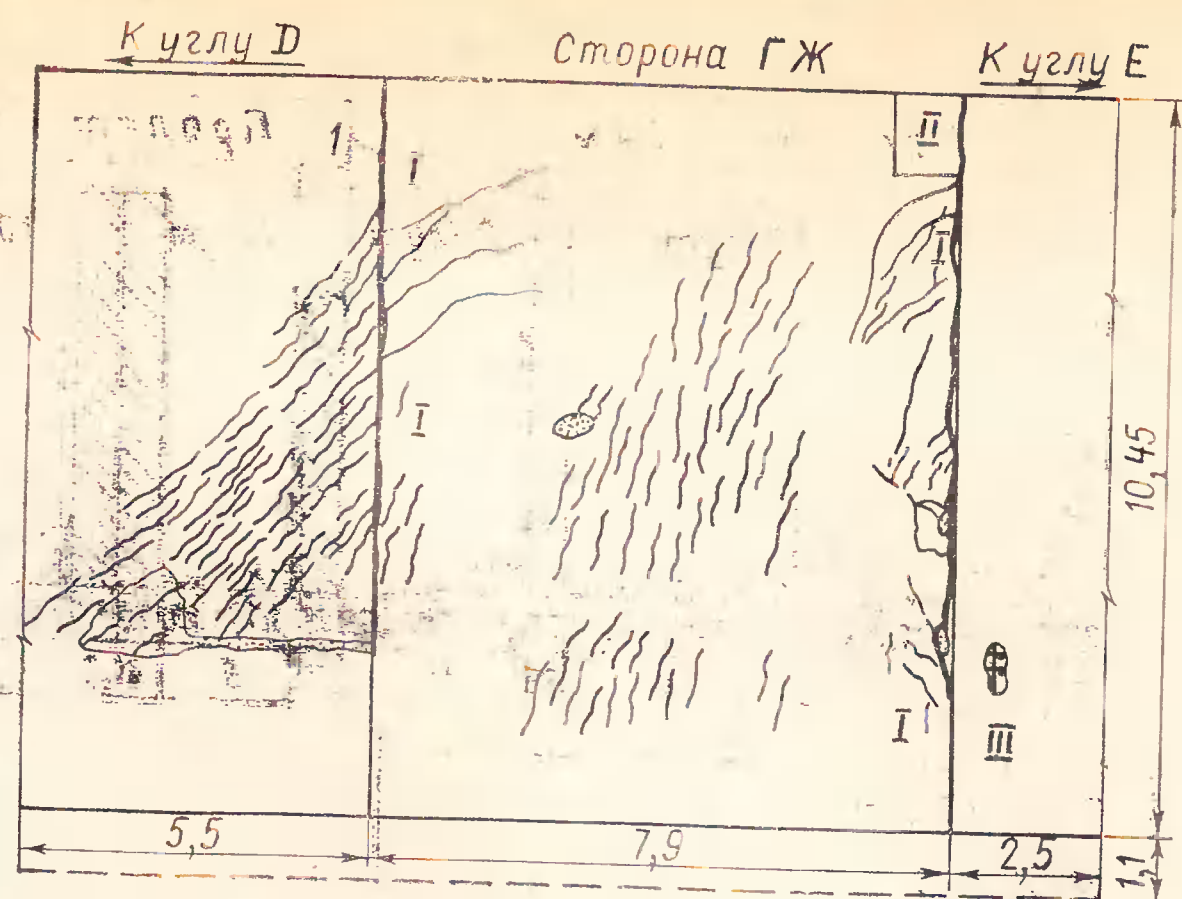
На основании результатов проведенных исследований были выполнены следующие мероприятия по реконструкции резервуара:

замоноличены внешние прямки резервуара, которые при установившейся технологии не использовались. Это мероприятие уменьшило усилия в стенах. Арматурный каркас, установленный в замоноличенных прямках, прикреплен к существующей арматуре стен;

внутренняя поперечная стена резервуара укреплена преднапряженными сталь-

Рис. 2. Расположение трещин на средней поперечной стенке ГЖ и внутренней поверхности стены ГД (величины раскрытия трещин указаны в тексте)

I — участки слабого бетона;
II — проем в стене ГЖ;
III — нарушение защитного слоя арматуры



ными затяжками, с помощью которых компенсированы нарушения анкеровки арматуры в узлах сопряжения этой стены с продольными стенами;

вертикальные трещины во внутренних углах заинъектированы цементным раствором и зачеканены высокомарочным мелкозернистым бетоном при наибольшем их раскрытии в положении максимальных прогибов стен. Эти максимальные прогибы поддерживались при помощи стальных распорок, установленных в среднем и верхнем уровнях емкостей, предварительно загружавшихся водой;

все дефектные участки стен резервуара с повреждениями, раковинами, крупными порами, местными протечками воды и трещинами с шириной раскрытия более 0,3 мм заинъектированы водоцементной смесью состава 1:1,3;

защитный слой стен выполнен из торкрет-бетона.

Через год после выполнения этих работ проверили техническое состояние резервуара и выяснили, что дальнейшее развитие трещин в его стенах прекратилось. Трещины в углах резервуара, раскрывавшиеся ранее до 8—12 мм, во время проверки имели раскрытие не более 1 мм. Максимальный прогиб продольной стены *БВ* уменьшился примерно вдвое. Существовавшие ранее ограничения по величинам загрузки резервуара сняты. Несущая способность резервуара после его реконструкции значительно повысилась и в настоящее время резервуар работает под полными проектными нагрузками.

Канд. техн. наук Н. А. МАРКАРОВ, инж. М. П. РЯБЦЕВА (НИИЖБ)

УДК 624.012.4:620.191.33

Учет фактора времени при расчете трещиностойкости преднапряженных конструкций

Известно, что потери напряжения от ползучести и усадки бетона в преднапряженных конструкциях наиболее полно проявляются после изготовления (передачи усилия обжатия) в незагруженном состоянии.

После установки конструкции в проектное положение и передачи на нее части или всей эксплуатационной нагрузки относительное предварительное обжатие $\eta = \sigma_0/R_0$ будущей растянутой зоны полностью или в значительной степени снижается. С уменьшением η замедляются

или полностью прекращаются деформации ползучести бетона, а следовательно, быстрее наступает стабилизация потерь напряжения в арматуре (рис. 1). На заводах ЖБИ при определении результатов производственных испытаний конструкций в разные сроки после передачи усилия обжатия и при определении контрольных нагрузок пользуются формулой (1), учитывающей фактор времени при оценке фактических потерь от ползучести в преднапряженной арматуре:

$$\beta = \frac{4t}{100 + 3t}, \quad (1)$$

где t — время от момента обжатия до нагружения, сут [1].

Однако такой учет не дает возможности применять эту же формулу и на стадии проектирования из-за отсутствия

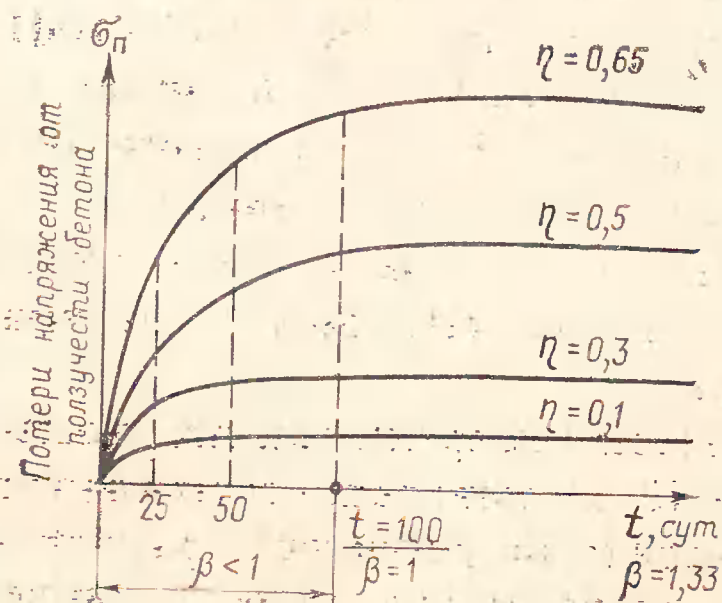
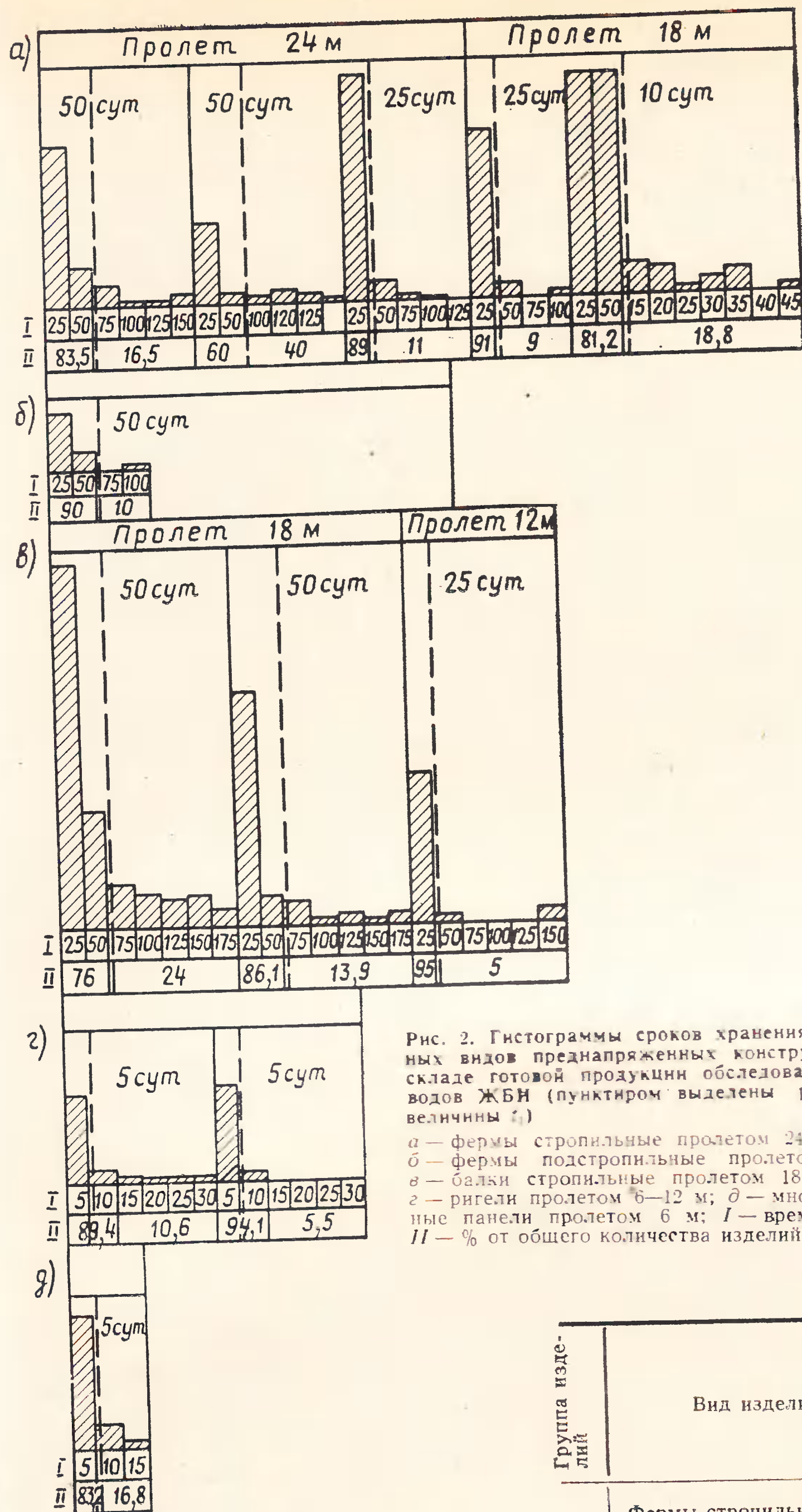


Рис. 1. Характер проявления потерь напряжения от ползучести бетона при различных уровнях обжатия $\eta = \sigma_0/R_0$



данных о сроках загрузения (t) различных видов преднапряженных конструкций. Если же конструкции загружаются в период, составляющий менее 100 сут (в течение которого, согласно СНиП II-B.1-62* или СНиП II-21-75, проявляются расчетные потери от ползучести), то, очевидно, имеется возможность повысить их трещиностойкость или уменьшить в ряде случаев расход рабочей арматуры.

Результаты экспериментальных исследований [2, 3] позволили сделать вывод о необходимости уменьшения расчетной трещиностойкости вследствие уменьшения R_p и предельной растяжимости длительно обжатого бетона в зависимости от $\eta = \sigma_b/R_0$ и времени t . Так, при обжатии до уровня $\eta = 0,28; 0,47$ и $0,65$ в те-

чение $t=450$ сут произошло снижение R_p соответственно на 9; 28 и 58%. Однако при $t=10$ или 70 сут снижение R_p было меньше и составило, соответственно, 2; 11 и 21% и 5; 21 и 42%. Следовательно, при меньшей длительности периода, когда будущие растянутые зоны бетона конструкции находятся в обжатом состоянии, и снижение R_p будет незначительным.

С помощью анализа установлено, что расчетное время доэксплуатационной выдержки преднапряженных конструкций (t , сут) от момента изготовления (обжатия) до загрузки полной или значительной частью (35—55%) эксплуатационной нагрузки складывается из суммы:

$$t = t_1 + t_2 + t_3,$$

где t_1 — время выдержки преднапряженных конструкций на складе готовой продукции завода ЖБИ;

t_2 — время выдержки на стройплощадке с момента складирования до начала монтажа и t_3 — время от начала монтажа до воздействия всей или значительной части эксплуатационной нагрузки.

Были проанализированы сроки хранения более 20 тыс. балок пролетом 12 и 18 м, ферм пролетом 12, 18 и 24 м, многопустотных настилов и ригелей, свай и других изделий, изготавливаемых в течение более 2 лет на 7 заводах ЖБИ. За указанный период вывоз изделий со складов различных заводов в основном носил планомерный и стабильный характер. Вместе с тем в ряде случаев наблю-

Группа изделий	Вид изделий, размер	Подгруппа	Время складирования, сут		Время монтажа, сут, t_3	Общее время, t , сут	$\beta = \frac{4t}{100+3t}$
			на заводе, t_1	на стройплощадке, t_2			
А	Фермы стропильные, до 24 м	II	14	4	1	19	0,48
	Фермы подстропильные, 12 м	II	50	4	1	55	0,83
	Балки стропильные, 12—18 м	I	14	4	1	19	0,48
		II	50	4	1	55	0,83
	Ригели, 6—12 м	I, II	5	4	1	10	0,31
	Сваи	I, II	28	4	1	33	0,70
	Многопустотные панели перекрытий, 6—12 м	I, II	5	4	1	10	0,31
Б	Фермы стропильные, до 24 м	I	14	15	1	30	0,63
	Фермы подстропильные, до 12 м	II	50	15	1	66	0,89
	Балки стропильные, 12—18 м	I	14	15	1	30	0,63
		II	50	15	1	66	0,89
	Сваи	I, II	28	15	1	45	0,76
	Ригели 6—12 м	I, II	5	15	1	21	0,52
	Многопустотные панели перекрытий, 6—12 м	I, II	5	15	1	21	0,52

Примечания: 1. К группе «А» относятся конструкции, изготовленные на заводах, расположенных от объекта монтажа на расстоянии до 50 км, к группе «Б» — то же, более 50 км.
2. К I подгруппе относятся конструкции, изготавливаемые и монтируемые родственными организациями одного ведомства (Главмоспромстройматериалы, Главмособлстрой и др.) и домостроительными комбинатами (ДСК). К II подгруппе — конструкции, выпускаемые прочими ведомствами, а также проектируемые типовые конструкции (по группе «Б»).
3. При расчете подкрановых балок, опор ЛЭП, шпал $t=100$ сут, $\beta=1$.
4. Приведены данные по ригелям, используемым в жилых и общественных зданиях. Для ригелей, используемых в промышленных зданиях, $t=100$ сут.

далось затоваривание складов, вызванное неправильным планированием сроков монтажа, отбраковкой отделами технического контроля (ОТК), изготовлением изделий устаревших или отмененных серий.

На ряде передовых заводов при хорошем качестве изготовления и правильном и четком планировании выпуска затоваривания, как правило, не бывает. Например, для ферм и балок t_1 составляет не более 10—17 сут. Еще меньше время складирования ($t_1 \leq 5$ сут) для конструкций небольшого пролета и размера (плит, настилов, ригелей), для которых не требуется специализированный автотранспорт (фермовозы, балковозы).

Были подсчитаны значения t_1 с учетом затоваривания изделий (рис. 2). В 60—95% случаев расчетные значения t_1 находятся в пределах от 5 до 50 сут.

При подсчете t_2 принимались во внимание опыт складирования изделий на стройплощадках и время транспортирования конструкций со многих заводов ЖБИ. В результате выявлено, что без учета монтажа «с колес» ($t_2 = 0$) при перевозке изделий с местного завода в пределах города $t_2 \leq 3$ сут, а в пределах одной области $t_2 \leq 14$ сут.

Расчеты сроков монтажа одноэтажных и многоэтажных зданий, в которых используются рассмотренные преднапряженные конструкции, по действующим нормативам и опыту позволили установить, что $t_3 = 1$ сут.

В результате получены ориентировочные значения $t = t_1 + t_2 + t_3$ для определе-

ния потерь напряжения от ползучести бетона при расчете трещиностойкости конструкций с учетом фактора времени (см. таблицу). Таким образом, при современных методах и сроках изготовления и монтажа можно учитывать фактор времени по (1) уже на стадии проектирования преднапряженных конструкций массового изготовления.

Так как в период времени, в течение которого конструкции находятся в обжатом состоянии, $t = 21—66$ сут, то и возможное снижение R_p не должно быть значительным.

Анализ современных типовых конструкций показывает, что доля растянутого бетона в формировании трещиностойкости N_T (M_T) составляет от 10 до 30%. При этом в фермах и балках ($\eta = 0,5 \div 0,65$) доля растянутого бетона в N_T (M_T) составляет 10—15%, а $t_1 \leq 66$ сут, в многоспустотных настилах пролетом около 6 м ($\eta = 0,3$) доля бетона значительна (30%), однако $t = 21$ сут. Поэтому можно считать, что возможное снижение R_0 в обоих случаях незначительно скажется на их трещиностойкости.

В заключение необходимо указать, что не во всех случаях можно учитывать полную разгрузку от обжатия после монтажа конструкций.

Анализ отношений нагрузки от собственной массы покрытия или перекрытия к полной расчетной нагрузке показал, что они составляют для большинства 0,40—0,50 в зависимости от типа, пролета изделий и их шага в сооружении.

При этом следует отметить, что влияние действия собственной массы (σ_0^p) на разгрузку от обжатия бетона ($\sigma_0^{N_0}$) следует определять на основании оценки результирующей эпюры обжатия $\sigma_0^* = (\sigma_0^{N_0} - \sigma_0^p)$.

Можно считать, что если $\sigma_0^* = 0,1 \div 0,20 R_0$, то наступает быстрая стабилизация деформаций и потери напряжения в арматуре от ползучести бетона прошедшего тепловую обработку.

Выводы

Фактор времени может быть учтен с помощью формулы (1) при оценке результатов производственных испытаний, а также на стадии проектирования преднапряженных конструкций. При анализе значительного количества данных установлены расчетные величины времени t (сут) от момента обжатия изделий массового изготовления до их загрузки.

Реализации данных рекомендаций дает значительный экономический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бердичевский Г. И., Маркаров Н. А. Учет фактора времени при определении потерь напряжения от ползучести бетона. — «Бетон и железобетон», 1960, № 9.
2. Макаренко Л. П. Снижение сопротивления бетона растяжению после длительного снижения. Материалы VII конгресса ФИП. М., Стройиздат, 1974.
3. Семенов А. И., Аржанский С. И. Влияние длительного обжатия бетона на его прочностные и деформативные свойства. — «Бетон и железобетон», 1970, № 12.

Стандарты и нормативные документы

Кандидаты техн. наук Н. А. КОРНЕВ, Г. А. БУЖЕВИЧ,
д-р техн. наук Ю. В. ЧИНЕНКОВ,
кандидаты техн. наук А. А. КУДРЯВЦЕВ, К. В. ПЕТРОВА, И. В. ВОЛКОВ (НИИЖБ)

УДК 624.012.45:666.973

Совершенствование методов расчета и проектирования конструкций из бетонов на пористых заполнителях

До настоящего времени расчет конструкций из бетонов на пористых заполнителях производили по главе СНиП II-B.1-62*, действующей с 1970 г. При ее составлении было накоплено мало опытных данных, поэтому она включала мно-

гочисленные ограничения и ссылки на специальные нормативные документы.

Большой теоретический и экспериментальный материал, накопленный в последние годы, позволил уточнить и дополнить ряд расчетных положений при со-

ставлении главы СНиП II-21-75. Здесь более широко охвачены вопросы расчета и проектирования конструкций из различных видов бетонов на разнообразных пористых заполнителях, в том числе новых. К ним относятся бетоны, приготовленные на трепельном гравии, на заполнителях из зол ТЭС и шунгизите (разновидности керамзитового гравия), а также бетоны на известняках-ракушечниках (облегченные бетоны) и т. д.

Впервые в главе СНиП приводится классификация по различным признакам, которая полнее отражает специфику легких и облегченных бетонов на пористых заполнителях. В частности, бетоны в нормах подразделяются на плотные, поризованные и крупнопористые, отличающиеся структурой и областями применения. Приведены требования к бетонам на пористых заполнителях по морозо-

стойкости и водонепроницаемости для различных условий работы конструкций. Указаны расчетные объемные массы (в высушенном состоянии): от 600 до 1800 кг/м³ для легких и от 1800 до 2200 кг/м³ для облегченных бетонов.

Установлено, что, несмотря на различные свойства пористых заполнителей (керамзит и его разновидности, аглопорит, шлаковая пемза, вспученный перлит, туфы, пемзы, известняки-ракушечники и др.), у бетонов имеется ряд общих закономерностей и свойств. Например, в конструктивных легких бетонах прочность крупного пористого заполнителя почти всегда значительно ниже прочности растворной составляющей, поэтому при силовых воздействиях их разрушение происходит по зернам заполнителей и прослойкам раствора, а не от нарушения сцепления заполнителей с раствором, как в тяжелом бетоне. Сцепление пористых заполнителей с растворной частью значительно выше, чем у плотных заполнителей, что является следствием не только пористой шероховатой поверхности гранул, но и физико-химического воздействия цементного камня и заполнителей вследствие самовакуумирования, упрочнения контактной зоны, а также образования новых гидратных соединений. Положительным фактором является также и «совместимость» показателей упругих свойств пористых заполнителей и растворного скелета, в то время как в тяжелых бетонах прочность и модуль упругости заполнителей в несколько раз выше, чем у раствора. Поэтому в легких бетонах снижается концентрация напряжений на границе пористых заполнителей и цементного скелета и вследствие этого, как правило, повышаются допускаемые напряжения, соответствующие границе микротрещинообразования и переходу линейной ползучести в нелинейную.

Отдельные виды легких и облегченных бетонов имеют различные упругопластические свойства. Это учитывается уточ-

нением ряда коэффициентов и параметров.

В главе СНиП II-21-75 приведены откорректированные расчетные характеристики прочности при растяжении, модулей упругости и др. Расчетные положения охватывают вопросы прочности, трещиностойкости и деформативности конструктивных и конструктивно-изоляционных бетонов марок 100 и ниже.

Достаточно четко установлено, что коэффициент призмочной прочности легких бетонов всех видов и марок выше, чем у тяжелого бетона. Учет этого фактора при проектировании и расчете конструкций из легких бетонов в ряде случаев мог бы улучшить их технико-экономические показатели. Однако при повышенной призмочной прочности в легких бетонах из-за малых неупругих деформаций хуже перераспределяются напряжения по высоте сечения во внецентренно сжатых и изгибаемых элементах. Поэтому прочность таких элементов из легких бетонов (при одинаковой кубиковой прочности с тяжелым бетоном) остается на уровне таких же элементов из тяжелого бетона. Это послужило причиной того, что коэффициенты призмочной прочности легкого и тяжелого бетона приняты одинаковыми.

Благодаря хорошему сцеплению пористых заполнителей с растворной частью и упрочнению растворной составляющей при твердении легкого бетона сопротивление растяжению большинства бетонов на пористых заполнителях находится на уровне тяжелого бетона. Однако сопротивление осевому растяжению бетонов на крупном и мелком пористых заполнителях и поризованных легких бетонов приняты пониженными на 10—20%.

Опыт свидетельствует о том, что выносливость легких бетонов при многократном воздействии нагрузки, а также при импульсном ее приложении не ниже, чем в тяжелых бетонах, сопротивление

смятию легких бетонов марок 150—200 такое же, как в тяжелых бетонах. В легких бетонах более высоких марок наблюдается снижение прочности при смятии по сравнению с тяжелым бетоном.

Сцепление стержневой, проволоочной и прядевой арматуры со многими видами легких бетонов средних и высоких марок не хуже, чем с равнопрочными тяжелыми бетонами. Оно несколько ниже лишь с некоторыми видами легких бетонов, в частности на естественных пористых заполнителях.

Коэффициенты безопасности k приняты одинаковыми для тяжелого и легкого бетона.

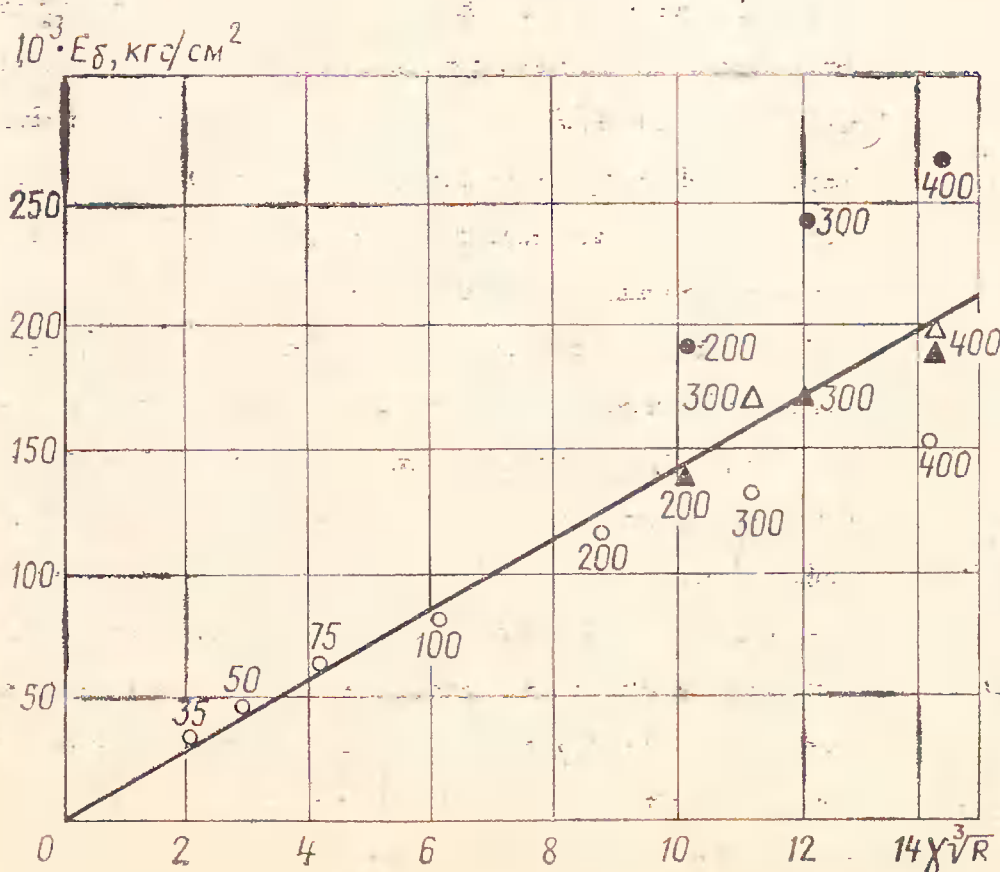
В отличие от норм 1962 г., в новых нормах модули упругости легких бетонов E_b приняты в зависимости от прочности при сжатии и объемной массы (см. рисунок).

Отмеченные особые свойства легких бетонов учтены при разработке расчетных положений по 1-й и 2-й группам предельных состояний.

В последние годы установлено, что граница переармирования элементов из конструктивных и высокопрочных легких бетонов ниже по сравнению с тяжелым бетоном той же прочности. В новых нормах это обстоятельство отражено при определении граничной относительной высоты сжатой зоны бетона. По сравнению с тяжелым бетоном граничное значение относительной высоты сжатой зоны ξ_R для бетонов на пористых заполнителях снижено на 10—25% в зависимости от марок бетона и класса арматурной стали.

Большое внимание при разработке новых норм было уделено расчету гибких сжатых элементов из бетонов на пористых заполнителях¹. Упругопластические свойства и деформативность различных видов таких бетонов в расчете гибких элементов учитываются при определении $N_{кр}$ значением E_b и параметром β , зависящим от ползучести бетона. В новых нормах значения коэффициента β приняты дифференцированно в зависимости от видов бетона. Бетоны на пористых заполнителях подразделены на три группы: с малой, средней и повышенной ползучестью.

Важно отметить, что при переходе на проектирование сжатых элементов из легких бетонов по новым нормам устранены понижающие коэффициенты условной работы m_b , которые имелись в главе СНиП II-B.1-62*. Отказ от понижающих коэффициентов заметно увеличил эффективность применения легких бетонов в



¹ См. статью Е. А. Чистяков «Расчет прочности нормальных сечений» в № 6 нашего журнала за 1976 г.

сжатых элементах. Увеличены также предельные диаметры растянутой и сжатой арматуры (до 32 мм) для изгибаемых и внецентренно сжатых элементов, а также повышены значения расчетных сопротивлений сжатой арматуры классов А-IV и выше. Значения коэффициентов и параметров в формулах по расчету прочности по наклонным сечениям и условий трещинообразования в элементах из легкого бетона приняты с учетом свойств бетонов на пористых заполнителях.

При расчете трещиностойкости элементов по нормальным сечениям учитывается повышенная усадка легких бетонов. Усилие $N_{ус}$ в формуле ядровых моментов без преднапряжения рассматривают как внешнюю растягивающую силу, вызванную усадкой бетона. Напряжение в арматуре от усадки $\sigma_{ус}$ условно принимается равным $2/3$ потерь напряжения от усадки в преднапряженных конструкциях.

Для расчета деформаций элементов из легких бетонов значения коэффициентов, учитывающих длительность действия нагрузки S и γ , отличаются от таковых для тяжелого бетона и принимаются дифференцированно в зависимости от реологических свойств легких бетонов.

При конструировании элементов из бетонов на пористых заполнителях в новых нормах учитывают их свойства, которые в той или иной степени влияют на прочность, жесткость и трещиностойкость, а также на долговечность конструкций.

В настоящее время НИИЖБ при участии других организаций подготавливает в развитие главы СНиП II-21-75 «Руководство по проектированию конструкций из бетона на пористых заполнителях» с примерами расчета. В этот документ предполагается включить пояснения отдельных положений новой главы СНиП и шире осветить вопросы расчета прочности по нормальным и наклонным сечениям, по трещиностойкости и др.

Новая глава СНиП и «Руководство по проектированию конструкций из бетонов на пористых заполнителях» обобщает большой отечественный и зарубежный опыт исследований и проектирования. Опираясь на эти документы, проектировщики смогут более правильно учитывать свойства бетонов на пористых заполнителях, что будет содействовать широкому внедрению ограждающих и несущих конструкций из легких бетонов в различных отраслях нашего строительства.

Вопросы качества

Д-р техн. наук И. А. ИВАНОВ, канд. техн. наук Н. И. МАКРИДИН,
инж. Т. Г. СИЛЬВАНОВИЧ (Пензенский инженерно-строительный ин-т)

УДК 691.32:666.973.2:666.64—492.3:539.371

О значении обратимости деформаций конструктивного керамзитобетона

В связи с расширением в десятой пятилетке применения керамзитобетона в несущих конструкциях повышается актуальность исследований его деформативных свойств. В большинстве случаев уровень напряжений в конструкциях многократно изменяется, поэтому прогнозировать их надежность при эксплуатации следует с учетом степени обратимости деформаций.

Известно, что деформативные свойства керамзитобетона имеют ряд особенностей. В частности, одной из причин развития пластических деформаций такого бетона считаются гранулы керамзита. Однако исследования, проведенные в последнее время в Пензенском инженерно-строительном институте, показали объективность иной интерпретации.

Для характеристики каждого компонента в отдельности и объективного представления о природе деформаций керамзитобетона в целом исследовали сначала гранулы керамзита, затем конструктивные бетоны марок 150—300, снимая соответствующие показатели не только при загрузке образцов, но и их разгрузке, и некоторые армированные конструкции.

Изучали диаграммы сжатия керамзита. Для этого из гранул керамзита Никольского, Октябрьского и Пензенского заводов путем обтачивания изготавливали образцы-призмы, которые нагружали по физической оси вплоть до разрушения.

Деформации сжатия измеряли тензорезисторами, наклеенными по четырем граням образца.

Модуль деформации керамзита различной объемной массы растет с увеличением напряжений до уровня $0,6—0,7 R_{пр}$, а иногда и более (рис. 1). Характер деформирования, установленный на образцах правильной геометрической формы из керамзита Никольского завода, соответствует характеру деформирования реальных гранул керамзита.

В исследованиях, выполненных на гранулах натуральной формы и на об-

разцах, изготовленных из гранул, изучали деформации ползучести керамзита при осевом сжатии и растяжении, а также обратимость его деформаций при разгрузке. Опыты показали, что удельная деформация ползучести керамзита при уровне напряжений сжатия от 0,37 до 0,54 R составила $6,7—8,6 \cdot 10^{-6}$ см²/кгс. При разгрузке образцов практически полностью восстанавливались их первоначальные размеры за счет упругомгновенных деформаций. При осевом растяжении зерна керамзита не проявляли деформаций ползучести, а после снятия длительной нагрузки растяжения гранулы деформировались упруго в исходное положение без проявления пластических деформаций.

Длительные испытания бетона проводили на высыхающих неизолированных образцах-призмах, а также на образцах, помещенных в воду. Для изготовления призм размером $10 \times 10 \times 40$ см использовали портландцемент вольского завода «Большевик» марки 400 (450 кг/м^3), рядовой керамзитовый гравий фракций 5—20 марки 700 Никольского завода (530 кг/м^3), сурский речной песок с $M_{кр}=1,7$ (650 кг/м^3), воду (170 л).

Образцы формовали при стандартных параметрах вибрации с использованием пригруза 50 гс/см^2 , твердение при температуре 80°C по режиму $12+2+8$ + естественное остывание. После термовлаж-

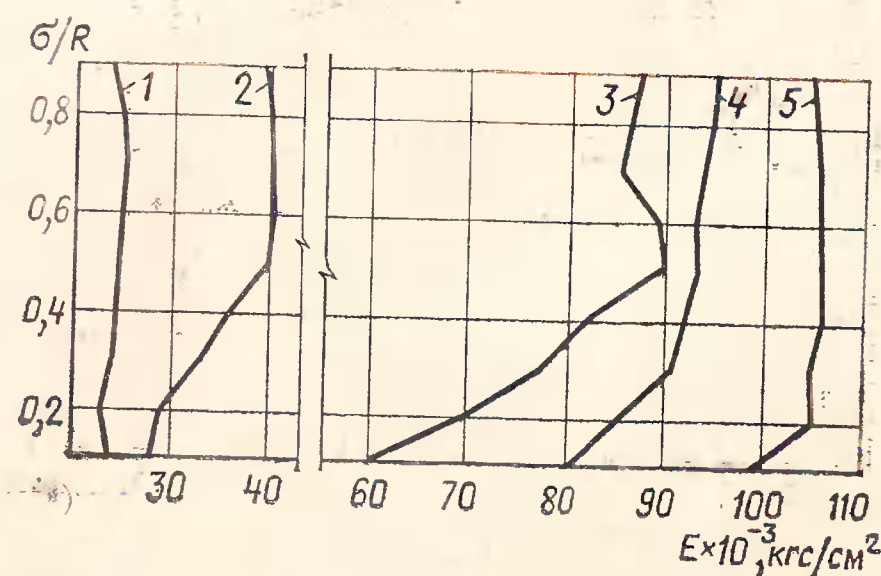


Рис. 1. Характер изменения модуля деформации керамзита различной объемной массы с ростом уровня напряжений
1, 2, 3, 4, 5 — γ_k равно соответственно 0,4—0,5; 0,55—0,7; 0,71—0,8; 0,81—0,9; 0,91—1 г/см^3

ностной обработки образцы хранили в нормальных лабораторных условиях. Загружение производили в возрасте 38—46 сут. Часть призм подвергали кратковременным испытаниям для определения прочностных и деформативных свойств. Призменная прочность в момент загрузки образцов составляла 293—312 кгс/см², модуль упругости в среднем 162·10³ кгс/см².

Призмы были разделены на две группы по степени их обжатия, составляющей 0,4 и 0,6 $R_{пр}$. Фактическая же степень обжатия призм уточнялась на разгруженных образцах после испытания их на длительное действие нагрузки (см. таблицу). Испытания призм на ползучесть в естественных условиях и при постоянном контакте с водой проводили по методике [1].

Первоначальные размеры образцов после выдержки их в течение 595 и 600 сут под нагрузкой восстанавливались как за счет мгновенных деформаций, так и за счет деформаций последующего действия. Деформации измеряли стационарно установленными на призмах инди-

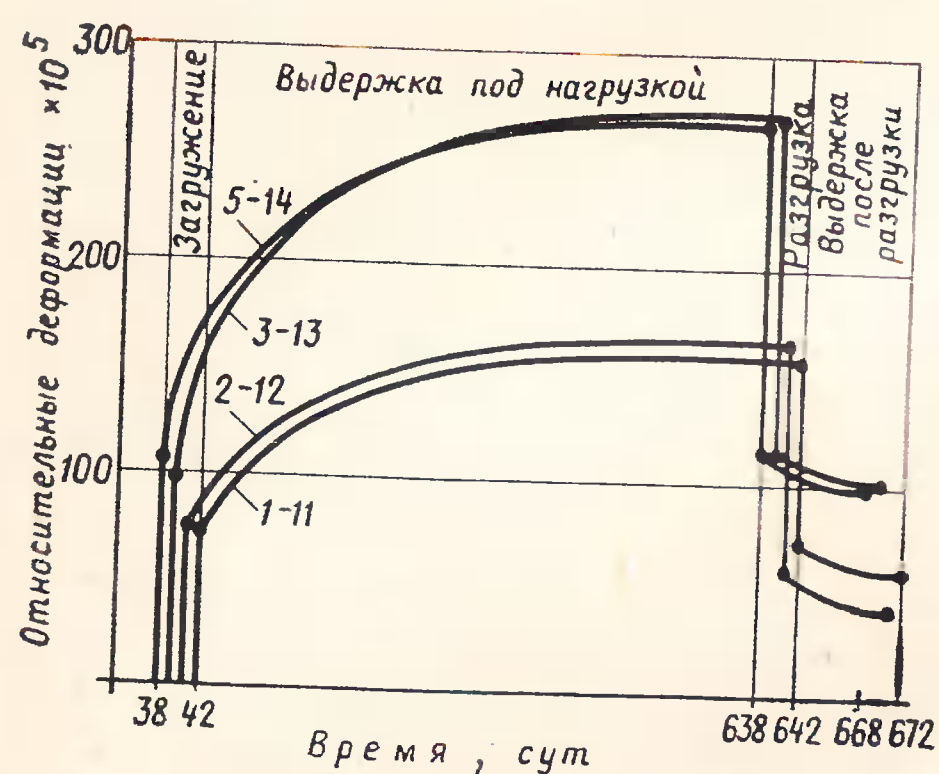


Рис. 2. Деформации керамзитобетона при загрузке, выдержке под нагрузкой и разгрузке в зависимости от уровня напряжения (естественно высыхающие образцы)
5-14 — $\sigma_{обж}/R_{пр} = 0,62$; 3-13 — то же, 0,55;
2-12 — то же, 0,38; 1-11 — то же, 0,32

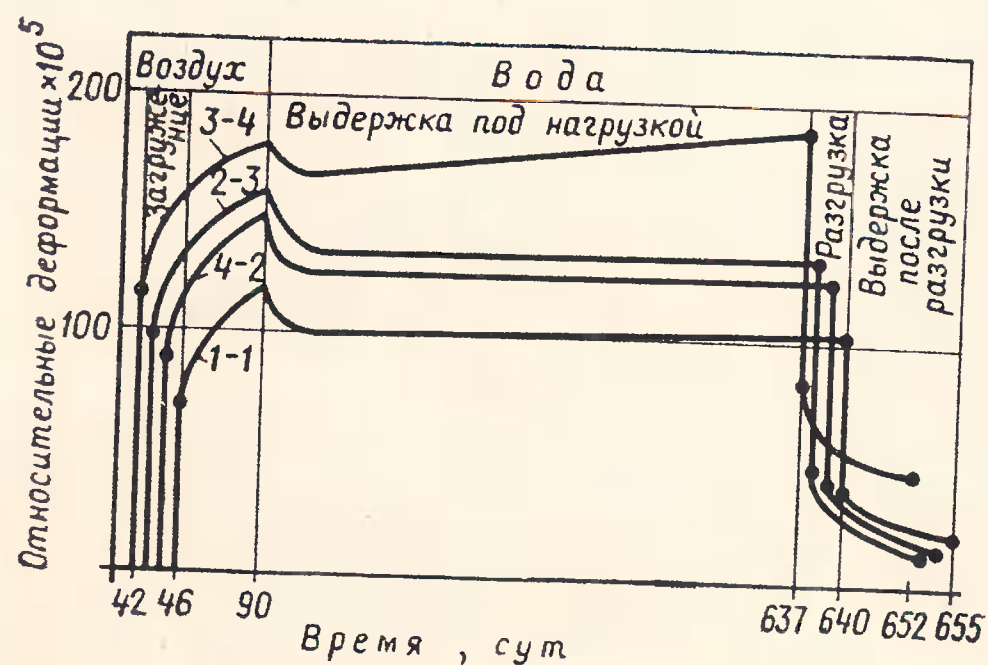


Рис. 3. Деформации керамзитобетона при загрузке, выдержке под нагрузкой и разгрузке в зависимости от уровня напряжения (образцы в воде)
3-4 — $\sigma_{обж}/R_{пр} = 0,6$; 2-3 — то же, 0,52;
4-2 — то же, 0,61; 1-1 — то же, 0,43

Шифр образ- цов	$R_{\text{пр}}$, кгс/см ²	$\sigma_{\text{обж}}/R_{\text{пр}}$	Модуль упругости перед загруже- нием, тыс. кгс/см ²	Модуль упругости после разгруз- ки, тыс. кгс/см ²	$\epsilon_y \cdot 10^5$	$\epsilon_{\text{п}} \cdot 10^5$	$\epsilon_{\text{о.у}} \cdot 10^5$	$\epsilon_{\text{о.п}} \cdot 10^5$	Обратимость де- формаций, %	
									упру- гих	ползу- части
Естественные условия										
1—11	370	0,32	165	122	72	83	82	12	144	14,4
2—12	329	0,38	157	120	74	90	104	17	141	18,8
3—13	330	0,55	187	109	99	167	153	13	154	7,8
4—10	316	0,58	187	100	119	169	143	—	120	—
5—14	295	0,62	200	102	105	160	150	16	142	10
6—9	280	0,64	193	119	98	136	132	—	135	—
Водная среда										
1—1	270	0,43	179	220	66	36	62	19	93	52,8
2—3	300	0,52	153	153	98	37	87	34	88	50,6
3—4	300	0,6	153	163	116	72	102	37	88	51,4
4—2	210	0,61	146	153	86	41	83	29	96	71,2

Обозначения: ϵ_y — упругомгновенные деформации в момент загрузки образцов на длительное сжатие;
 $\epsilon_{п.}$ — конечные значения деформации ползучести;
 $\epsilon_{о.у}$ — обратимые упругомгновенные деформации;
 $\epsilon_{о.п.}$ — обратимые деформации ползучести.

каторами с ценой деления 0,01 и 0,002 мм на базе 200 мм. Деформации последствия призм, находившихся в воде, определяли, не прекращая их контакта с водой. При этом было установлено, что масса образцов не изменялась, следовательно, деформации последствия не сопровождались деформациями набухания призм.

Из рис. 2 и 3 следует, что обратимость деформаций керамзитобетона зависит от интенсивности обжатия образцов и характера окружающей среды (см. таблицу).

Различие в степени обратимости деформаций высыхающего и набухающего керамзитобетона объясняется деформативными особенностями цементного камня и заполнителя, находящихся в соответствующей среде. Сравнение приведенных данных с результатами других исследователей показывает, что степень обратимости мгновенных деформаций керамзитобетона намного выше, чем у тяжелого бетона [2, 3] и цементного раствора [4], и несколько выше, чем у аглопоритобетона [5]. Повышенная обратимость деформаций керамзитобетона объясняется особенностями, на наш взгляд, упругопластических свойств керамзита.

Как показывают испытания отдельных гранул, керамзит при кратковременном нагружении деформируется практически упруго. Кроме того, особенностью его является постепенное увеличение модуля деформации под нагрузкой (см. рис. 1). Следует ожидать, что при работе его в бетоне в условиях всестороннего обжатия более жесткой оболочкой из цементного раствора эффект повышения модуля деформации гранул должен усиливаться, способствуя некоторой разгрузке растворной части и снижению падения

модуля деформации бетона. Действительно, при испытании на сжатие керамзитобетонных образцов интенсивность падения модуля деформации ниже интенсивности падения модуля деформации тяжелого бетона той же прочности. Причем, характер изменения модуля деформации керамзитобетона с ростом нагрузки зависит от степени использования возможностей керамзита при работе его в бетоне.

Так, при использовании достаточно прочного керамзита и при его высокой концентрации падение модуля деформации бетона с ростом нагрузки можно полностью устранить — наблюдается даже некоторое его увеличение по отношению к начальному (рис. 4).

Кроме того, кратковременные испытания части призм из керамзитобетона марки 300 приведенного состава по режиму: загрузка до уровня 0,5 $R_{пр}$ — выдержка 1 ч — разгрузка показали, что остаточные пластические деформации после разгрузки составляют всего 0,02 мм/м, или 2,5% полной деформации цикла. Это свидетельствует о том, что при уровне напряжений 0,5 $R_{пр}$ структура материала не нарушается.

Испытания образцов из керамзитобетона марки 150 с различной концентрацией керамзита по тому же режиму показали, что увеличение объема керамзита в бетоне способствует значительному снижению остаточных деформаций при разгрузке. Это подтверждает отсутствие нарушений структуры керамзита в бетоне при достаточно высоком (0,5 $R_{пр}$) уровне напряжений.

При длительном действии нагрузки вследствие деформаций ползучести растворной части заполнитель получает дополнительную деформацию. Учитывая характер изменения модуля деформации

керамзита с ростом напряжений, его высокую упругость, а также способность его упругой работы в бетоне, эта деформация, упруго восстановленная после разгрузки образца, является дополнительным источником обратимости деформаций керамзитобетона. При этом восстановление упругой деформации керамзита приводит к растягивающим напряжениям в растворной части, претерпевшей незначительно восстановившиеся при разгрузке деформации ползучести.

Большим деформациям ползучести раствора соответствует большая дополнительная упругая деформация заполнителя, а следовательно, и большее превышение мгновенных деформаций при разгрузке над мгновенными деформациями при загрузке. Однако возникновение при этом растягивающих напряжений в растворной части приводит к снижению модуля деформаций керамзитобетона при повторном загрузке после длительного обжатия.

Выводы

Упругомгновенные деформации при разгрузке керамзитобетона после длительного обжатия могут значительно превышать деформации его при загрузке.

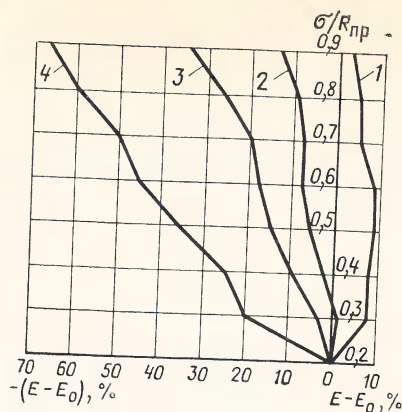


Рис. 4. Характер изменения модуля деформации с ростом уровня напряжений
1 — керамзитобетон марки 150, расход керамзита — 0,9 м³/м³; 2 — то же, 0,7 м³/м³; 3 — цементный раствор, R_{пр} = 240 кгс/см²; 4 — тяжелый бетон марки 150

Дополнительным источником обратимости мгновенных деформаций керамзитобетона является деформация керамзита, полученная им в результате ползучести растворной части и упруго восстановленная при разгрузке.

Керамзит в бетоне до уровня напряжений 0,5 R_{пр} может работать упруго,

без нарушений структуры. Повышение его концентрации приводит к повышению упругости бетона. Для улучшения качества керамзитобетона целесообразно повышать не только прочность заполнителя, но и степень насыщения его керамзитом. Это позволяет сократить завышенные расходы цемента конструктивного керамзитобетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов И. А., Макридин Н. И., Гучкин И. С. Влияние окружающей среды на деформации ползучести керамзитобетона. — В кн.: Проблемы ползучести и усадки бетона. (материалы второго Всесоюзного совещания). М., Стройиздат, 1974.
2. Александровский С. В., Багрий В. Я., Ползучесть бетона при периодических воздействиях. М., Стройиздат, 1970.
3. Карапетян К. С., Котикян Р. А., Шиладисян Р. М. Исследование обратимости деформаций после разгрузки длительно обжатого бетона. — В кн.: Проблемы ползучести и усадки бетона (материалы второго Всесоюзного совещания). Ереван, 1974.
4. Невилль А. М. Свойства бетона. Перевод с англ. М., Стройиздат, 1972.
5. Галузо Г. С. Влияние длительного действия нагрузки на прочность и деформации аглопоритобетона. — В кн.: Легкие и силикатные бетоны. Минск, «Высшая школа», 1969.

В порядке обсуждения

Канд. техн. наук Н. В. СВЕЧИН

УДК 691.54.003.1

О природе переводных коэффициентов

Уменьшение предела прочности с увеличением размеров бетонных образцов-кубов, изготовленных из одного замеса, твердевших в одинаковых условиях и испытанных в одном возрасте, впервые было отмечено в опытах Г. Бурхарда в 1903 г. Аналогичное явление наблюдали исследователи О. Граф и В. Гелер. Данные этих трех авторов послужили, по свидетельству Ю. Бонцеля [1], основой для нормирования в 1932 г. переводных коэффициентов в германском ДИН 1048, а затем в некоторых других национальных стандартах. Исследование Т. Гьенге [2] не внесло в этот вопрос ничего нового.

На рис. 1 показаны значения переводных коэффициентов от прочности бетонных образцов-кубов различных размеров к прочности куба с ребрами длиной 15 см, который по ГОСТ 10180—74 принят за эталон. Величины коэффициентов вычислены по данным упомянутых выше опытов. Эти величины довольно близки друг к другу и к коэффициентам, принятым в отечественных нормативных документах (ОСТ 90050—39, ГОСТ 6901—54, ГОСТ 4800—59, ГОСТ 10180—62, СНиП I-B.3-62 и ОСТ 34—4618—73 Минэнерго СССР).

Для объяснения влияния масштабного фактора на прочность бетонных кубов выдвинуто несколько гипотез. По первой

из них пониженная прочность больших образцов является следствием меньшей плотности бетона по сравнению с плотностью его в малых образцах, легче и лучше уплотняемых при штыковании вручную. По второй, основанной на статистической теории прочности, в крупных образцах более вероятно, чем в

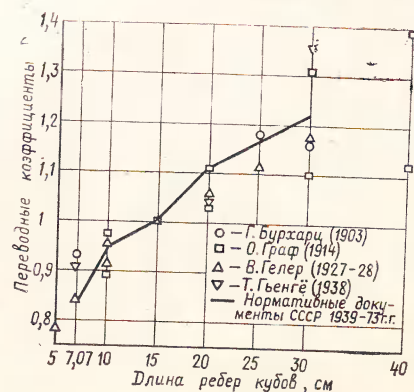


Рис. 1. Переводные коэффициенты по данным зарубежных исследователей (с 1903 по 1938 г.)

малых, появление различного рода дефектов, снижающих прочность образца.

Первая гипотеза при всей ее логичности не могла объяснить, почему в опытах Г. Бурхарца менее плотные образцы «семерки» оказались прочнее кубиков «десяток», имевших большую объемную массу*. Статистическая теория не смогла объяснить чрезмерное снижение прочности бетона при переходе от малого образца к большому (у В. Гелера и Т. Гьенгё в 1,4—1,8 раза).

В связи с этим появилась третья гипотеза, суть которой такова: эффект обоймы за счет сил трения между поверхностями контакта образца и плит пресса ослабевает с увеличением размера образца, поэтому он разрушается при меньших напряжениях. Третья гипотеза трактуется по-разному. Наиболее часто ослабление эффекта обоймы связывают с уменьшением влияния сил трения на образец большего объема. Если обозначить среднее напряжение трения через τ , сила трения T по поверхности a^2 будет равна:

$$T = \tau a^2.$$

По мнению сторонников третьей гипотезы, T влияет на весь объем образца, и средняя величина этого влияния:

$$\frac{T}{V} = \frac{\tau a^2}{a^3} = \frac{\tau}{a}.$$

Если признать, что величина не зависит от размера образца, с увеличением длины ребра куба влияние сил трения уменьшается.

* Из литературы известно, что замещение объемной массы бетона на 1% пропорционально изменяет его прочность на 5%.

Сторонники третьей гипотезы, не отрицая правомерности первой и второй, считают ее главной и решающей во влиянии масштабного фактора. Исследования Г. Рюша [3] вызвали большое сомнение в правомерности третьей гипотезы. Он установил, что в процессе испытания на сжатие деформируются не только образцы, но и опорные подушки пресса, которые, прогибаясь, принимают сферическую форму. Прилегающие к образцу поверхности плит при этом растягиваются, уменьшают поверхностное трение и снижают эффект обоймы. Чем выше прочность образца, чем больше его размер и тоньше плита пресса, тем больше ее прогиб и тем ниже получается предел прочности образца. Если удлинения опорных поверхностей плит превысят размеры максимально возможного поперечного расширения бетона, образец вообще может разрушиться от раскалы-

вания. Когда эти удлинения отсутствуют (при жестких плитах), эффект обоймы будет максимальным, и кубиковая прочность перестанет зависеть от размеров образца.

Тенденция к уменьшению величин переводных коэффициентов с ростом прочности бетона (при недостаточной жесткости опорных плит) была отмечена, в частности, в работе Института технического контроля в строительстве (г. Будапешт). Этот институт разработал и предложил для РС 279-63 дифференцированные значения переводных коэффициентов (в зависимости от прочности бетона), которые были приняты впоследствии и в ГОСТ 10180-67. Эти коэффициенты общеизвестны. В нашей стране были проведены многочисленные исследования по уточнению переводных коэффициентов для бетонов различных видов и прочности и изучены факторы, влияющие на эти коэффициенты.

На рис. 2 приведены результаты этих исследований, а в таблице — средние величины переводных коэффициентов от прочности бетонных образцов-кубов с ребрами длиной 7, 07, 10, 20 и 30 см к прочности куба-эталона с ребрами длиной 15 см по отечественным данным за 1955—1974 гг. [4, 5]. В таблице n — число опытов, на основании которых выведено среднее значение коэффициента α . Число этих опытов достаточно велико — 2433, а количество образцов разных размеров, испытанных при этом, исчисляется десятками тысяч. Не все эти опыты дали вполне достоверные результаты, но таких относительно мало и на средние значения они не оказали влияния. Поэтому они не исключены из подсчета средних арифметических, тем более, что показатель точности P для образцов всех размеров не превысил допускаемых 5%.

Как видно из таблицы, опытные значения переводных коэффициентов ближе к единице, чем нормативные значения стандартов. Средние значения α лежат на плавной кривой, уравнение которой выражается в виде дробно-линейной функции:

$$\alpha_a = \frac{10 - 0,108 a}{10,62 - 0,152 a},$$

где α_a — переводной коэффициент для куба с ребрами длиной a см.

В процессе анализа исследований выявлено, что прочность бетона, род и содержание цемента, вид и крупность заполнителя, а также скорость нагружения образцов при испытании на величину переводных коэффициентов практически не влияют. Некоторое влияние оказывают лишь такие технологические факторы, как подвижность смеси, режимы уплотнения и твердения образцов,

n_7	$\bar{\alpha}_7$	n_{10}	$\bar{\alpha}_{10}$	n_{20}	$\bar{\alpha}_{20}$	n_{30}	$\bar{\alpha}_{30}$
159	0,956	1109	0,980	1160	1,034	5	1,115

Показатель точности P :

$$\pm 1,68\% \quad \pm 0,98\% \quad \pm 0,57\% \quad \pm 4,64\%$$

Экспериментальные значения α (минимальные для малых, максимальные для больших образцов) по ГОСТ 10180-74:

$$0,850 \quad 0,910 \quad 1,050 \quad 1,100$$

То же (по опытным данным) при обеспеченности 95%:

$$0,930 \quad 0,964 \quad 1,044 \quad 1,200$$

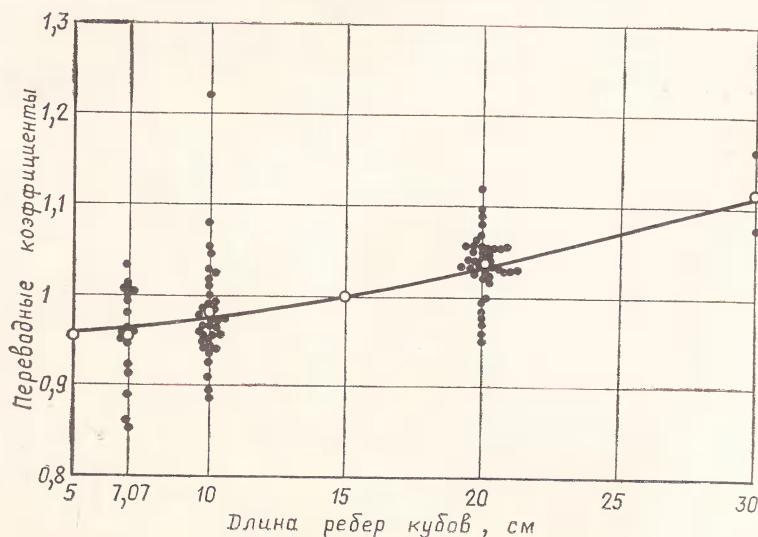


Рис. 2. Кривая средних значений переводных коэффициентов по отечественным данным (за 1955—1974 гг.)

так как они могут сделать неоднородной макро- и микроструктуру разновеликих образцов.

Параллельное испытание на разных прессах образцов-близнецов, изготовленных в многогнездовых формах, показало, что решающим фактором, определяющим величину переводного коэффициента, является конструкция и техническое состояние испытательной машины, в первую очередь жесткость силовой рамы, включая жесткость опорных плит пресса.

Переводные коэффициенты для малых образцов могут быть ниже и выше единицы. Ниже единицы они бывают тогда, когда жесткость плит недостаточна для бетона данной марки или когда вследствие износа резьбовых соединений силовая рама потеряла былую жесткость. Выше единицы они бывают, когда пресс, обладая жесткой плитой, передает нагрузку на образец эксцентрично. Малые образцы более чувствительны к эксцентриситету, чем большие, поэтому они разрушаются при меньших напряжениях. Коэффициенты выше единицы получают также при испытании эталонных и неэталонных образцов на разных прессах. При новой методике определения опытных коэффициентов, принятой в ГОСТ 10180—74, переводные коэффициенты выше единицы будут получаться

довольно часто. Поясним это на примере.

На предприятии из одного замеса бетонной смеси была изготовлена крупная партия образцов разных размеров. Часть из них была испытана на новом прессе Лейпцигского завода мощностью 300 тс с жесткой силовой рамой, а часть — на прессе 2ПГ-250 с рамой, потерявшей былую жесткость. На первом прессе были получены: $R_{15} = 300$ кгс/см² и $R_{10} = 306$ кгс/см². Для этого пресса переводной коэффициент α_{10} получился равным: $\alpha_{10} = 300/306 = 0.98$. При испытании на прессе 2ПГ-250 пределы прочности образцов-близнецов составили: $R_{15} = 255$ кгс/см² и $R_{10} = 275$ кгс/см². По методике ГОСТ 10180—74 надо прочность эталона, полученную на жестком прессе, удовлетворяющем требованиям ГОСТ 8905—73, разделить на прочность неэталонного образца, испытанного на прессе, для которого устанавливают переводной коэффициент. В данном примере $\alpha_{10} = 300/275 = 1.09$, т. е. больше единицы.

Таким образом, исследования не подтвердили правомерности третьей гипотезы, в ней много допущений и спорных мест. Силы трения не могут действовать на весь объем образца-куба; как показывает опыт, эти силы совместно со сжимающими усилиями образуют равнодействующие, направленные под углом

73—79° от периметра опорной грани образца к его физической оси. Боковые грани почти не испытывают сил трения и, деформируясь, принимают бочкообразную форму. В призмах средняя зона вообще не подвержена действию сил трения и разрушается при наличии вертикальных трещин разрыва.

По-видимому, от третьей гипотезы следует отказаться, признав, что главным фактором, определяющим величину переводных коэффициентов, является техническая характеристика пресса и жесткость его силовой рамы. Иногда определенную роль могут сыграть технологические факторы, но роль их менее значительна. До сих пор не выявлена степень влияния статистического фактора (статистическая теория прочности В. Вейбулла). Для выяснения этого вопроса необходимы специальные эксперименты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bonzel J. Zur Gestaltsabhängigkeit der Betondruckfestigkeit. Beton-und Stahlbetonbau, H. 9, 1959.

2. Gyengo T. Effect of Type of Test Specimen and Gradation of Aggregate on Compressive Strength of Concrete. JACI, vol. 9, № 3, 1938.

3. Методика испытания бетонных образцов на сжатие. Сборник под редакцией Б. Г. Скрамтаева. М., Госстройиздат, 1963.

В Госстрое СССР

УДК 693.546.5(094)

О развитии ударной технологии производства сборного железобетона и повышении качества изделий

Для обеспечения широкого развития ударной технологии производства сборного железобетона и повышения на этой основе эстетического уровня строящихся зданий и сооружений, качества железобетонных изделий, экономической эффективности их производства Госстрой СССР принял постановление о развитии ударной технологии производства железобетонных изделий с доведением к 1980 г. их выпуска до 8—10% общего объема производства сборного железобетона.

При подготовке предложений к проектам годовых государственных планов развития народного хозяйства СССР в них будут включаться предложения о

заданиях министерствам и союзным республикам по производству в 1976—1980 гг. железобетонных изделий с применением ударной технологии, исходя из следующих объемов (в млн. м³):

Минстрой СССР	3.0
Минпромстрой СССР	2.0
Минтяжстрой СССР	4.3
Минсельстрой СССР ¹	2.6
Минэнерго СССР	2.0
Совет Министров РСФСР ²	4.0
Минтрансстрой ¹	1.1 и т. д.

В общей сложности будет произведено 21,65 млн. м³. Распределение по годам пятилетки дается министерствами и советами министров (госстроями) союзных республик.

¹ Технологическое оборудование поставляется Минстройдормашем.

² Включая объемы производства по ударно-вибрационной и вибропоршневой технологиям.

Минэнерго СССР, Минтрансстрой, Миннефтегазстрой, Минуглепрому СССР, Минводхозу СССР, Минсельхозу СССР и Мингазу СССР необходимо определить номенклатуру железобетонных изделий, изготавливаемых по ударной технологии, для проектов зданий и сооружений промышленного, энергетического, транспортного, шахтного, мелиоративного и сельскохозяйственного назначения, обеспечить разработку (корректировку) и утвердить в 1976—1977 гг. варианты рабочих чертежей этих изделий, а также внести соответствующие дополнения в издаваемые ими каталоги изделий.

Управление научно-исследовательских работ и новой техники, Отдел типового проектирования и организации проектно-исследовательских работ и Главпромстройпроект Госстроя СССР окажут необходимую помощь разработчикам рабочих чертежей и дополнений к каталогам изделий.

Госгражданстрой и госстрои союзных республик определяют номенклатуру железобетонных изделий, изготавливаемых по ударной технологии, для проектов крупнопанельных жилых домов и общественных зданий, обеспечат разработку и утвердят в 1976—1977 гг. варианты рабочих чертежей этих проектов.

Управление научно-исследовательских работ и новой техники Госстроя СССР, Минстрой СССР и Главмоспромстройматериалы при Мосгорисполкоме обеспечат необходимое участие соответственно НИИЖБа Госстроя СССР, треста Оргтехстрой Минстроя ЛатССР и Конструкторско-технологического бюро Мосоргстройматериалов в работе организаций Минстройдормаша:

по проведению во II квартале 1976 г. контрольных испытаний эксплуатируемых ударных столов и ударно-вибрационных резонансных машин;

по разработке в III квартале 1976 г. рабочих чертежей ударных столов и ударно-вибрационных машин с учетом результатов контрольных испытаний;

по разработке в I квартале 1977 г.

проектов типовых технологических линий по производству железобетонных изделий по ударной и ударно-вибрационной технологии;

по изготовлению в III квартале 1977 г. первой промышленной серии комплектов оборудования с ударными столами и организации с 1978 г. серийного производства комплектов оборудования с ударными и ударно-вибрационными столами.

Отдел типового проектирования и организации проектно-исследовательских работ и Главпромстройпроект Госстроя СССР и Госгражданстрой должен передать Минстройдормашу в III квартале 1976 г. ориентировочную номенклатуру основных видов железобетонных изделий, изготавливаемых по ударной технологии, а также чертежи изделий-представителей, необходимые для проектирования типовых технологических линий по их производству.

Минстрою СССР необходимо обеспечить разработку силами ГПИ-6 и треста Оргтехстрой Минстроя ЛатССР и утвердить в 1976—1977 гг. проекты цехов и технологическую документацию на производство неметаллических форм для ударной технологии, а силами подведомственных министерству организаций с участием НИИЖБа Госстроя СССР и ЦНИИЭП жилища Госгражданстроя обеспечить разработку и утвердить в 1976—1977 гг. технологическую документацию на производство железобетонных изделий по ударной технологии.

При разработке и осуществлении комплекса мер по организации производства железобетонных изделий по ударной технологии учесть, что Минэлектротехпром обеспечивает поставку строительным министерствам и ведомствам электродвигателей типа АОС2-61-8 (производства ярославского электромашиностроительного завода), необходимых для комплектации ударных столов, а Минстройматериалы СССР — производство цветных и белых цемента, соответствующих ГОСТ 15825—70 и ГОСТ 965—66, в количествах, необходимых для выполнения заданий.

Управлению научно-исследовательских работ и новой техники Госстроя СССР необходимо предусматривать в планах на 1977 и последующие годы проведение научных исследований и экспериментов, направленных на дальнейшее совершенствование и развитие ударной технологии производства сборных железобетонных изделий.

Отдел научно-технической информации и изданий Госстроя СССР обеспечит выпуск в 1976—1977 гг. кинофильма, а совместно с Отделом строительной индустрии, конструкций и новых материалов и Управлением научно-исследовательских работ и новой техники Госстроя СССР организует экспозицию и проведение семинара на ВДНХ СССР по вопросам производства и применения железобетонных изделий, изготавливаемых по ударной технологии.

УДК 666.97.033.51

На ВДНХ

Сетчатый электронагреватель

НИИЖБ разработал сетчатый электронагреватель для электротермообработки бетона, который состоит из отдельных полос тканых стандартных сеток из стали (лучше нержавеющей), латуни или меди шириной от 10 до 15 см, размещаемых между двумя слоями термостойкой электроизоляции (например, из асбестовой ткани, стеклоткани).

Соединенные между собой по любой схеме сетки при подключении к электрической цепи нагреваются за счет их активного сопротивления электрическому току, а выделяющееся тепло передается бетону прогреваемой конструкции. Сетчатые электронагреватели отличаются простотой изготовления и надежностью в работе.

Электрообогрев бетона с помощью сетчатых электронагревателей позволяет точно регулировать режим тепловой обработки, его автоматизацию и улучшает санитарно-гигиенические условия труда.

Сетчатые электронагреватели рекомендуются применять при изготовлении форм и опалубок, предназначенных для тепловой обработки железобетонных изделий и конструкций толщиной до 150 мм — при одностороннем прогреве и до 400 мм — при двухстороннем прогреве, а также для периферийного обогрева бетона в массивных конструкциях.

Сетчатые электронагреватели были применены в греющих опалубках при возведении монолитных бетонных пере-

крытий жилого дома в г. Фрязино Московской обл., перекрытий промышленных зданий в Ленинграде; для прогрева монолитных конструкций на строительстве Камского автозавода, а также при изготовлении железобетонных изделий в термоформах на заводах сборного железобетона в Минске и Куйбышеве.

Затраты на тепловую обработку 1 м³ бетона в заводских условиях снижены (по сравнению с паропрогревом) на 0,3—1 р. и на 2—3,5 р. в построечных условиях.

По вопросам внедрения обращаться по адресу:

109389, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, НИИЖБ и Бюро внедрения НИИЖБ.



Трубчато-стержневые и уголково-стержневые электронагреватели

Разработаны трубчато-стержневые и уголково-стержневые электронагреватели для тепловой обработки железобетонных изделий и конструкций методом контактного электрообогрева.

Электронагреватели представляют собой стержневые проводники из стали. Проводники помещают внутрь стальной трубы, приваренной к металлической опалубке, или в полость, образованную металлическим листом опалубки (формы) и полками равнобокого уголка, приваренного к этому листу. Стержень надежно электроизолируется от трубы (или уголка). Электроизолятором должен быть асбестовый шнур, пропитанный смесью из огнеупорной глины, шамотной пыли и жидкого стекла.

При подключении к электрической цепи переменного тока токопроводящий стержень нагревается за счет активного электросопротивления и одновременно с этим нагревается труба (уголок), тепло от которой передается форме и изделию.

Применение таких нагревателей позволяет точнее регулировать и полностью автоматизировать режим тепловой обработки бетона, а также улучшать санитарно-гигиенические условия труда.

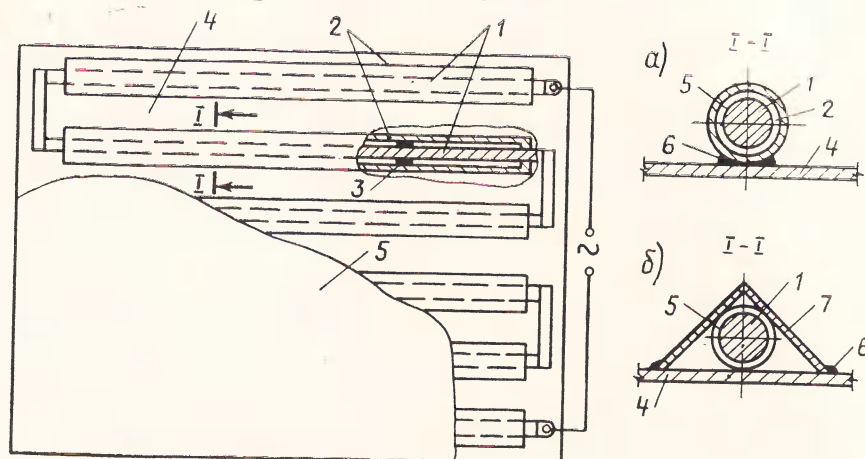
Предлагаемые электронагреватели характеризуются простотой изготовления конструкции и выполняются из недефицитных материалов. Они отличаются высокой механической прочностью, повышенной виброустойчивостью, надежностью в эксплуатации и длительным сроком службы.

Стержневые электронагреватели рекомендуются применять при изготовлении

стальных опалубок (форм), предназначенных для тепловой обработки железобетонных изделий и конструкций толщиной до 150 мм при одностороннем прогреве и до 400 мм при двухстороннем прогреве, а также для периферийного обогрева бетона в конструкциях большей толщины. Их можно применять для

при применении трубчатых и уголково-стержневых электронагревателей».

Стержневые электронагреватели использовали в греющих формах при изготовлении изделий на стендах в тресте Череповецметаллургстрой и при изготовлении сборных элементов силосов на полигоне в тресте Кустанайэлеваторстрой.



Стержневые электронагреватели

а — трубчатый; б — уголково-стержневой; 1 — металлический стержень; 2 — металлическая труба; 3 — электроизоляционные шайбы; 4 — поддон греющего щита; 5 — теплоизоляция; 6 — сварочный шов; 7 — равнобокий уголок

оборудования греющих стендов, тепловых камер различного типа (ямных, щелевых, туннельных и др.).

НИИЖБ совместно с БВ НИИЖБ разработал «Рекомендации по электро-термообработке сборных и монолитных железобетонных конструкций и изделий

Затраты на термообработку (по сравнению с паропрогревом) 1 м³ бетона были снижены с 2,2 до 1,7—2 р.

По вопросам внедрения обращаться по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, НИИЖБ и Бюро внедрения НИИЖБ.

VIII ВСЕСОЮЗНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО БЕТОНУ И ЖЕЛЕЗОБЕТОНУ

В сентябре-октябре 1977 г. в Харькове состоится VIII Всесоюзная научно-практическая конференция по повышению эффективности и качества бетона и железобетона. Создан организационный комитет под председательством зам. председателя Госстроя СССР, председателя ЦП НТО стройиндустрии канд. техн. наук И. И. Ищенко.

В программе работы конференции предусматриваются доклады ведущих специалистов и ученых отрасли по развитию бетона и железобетона в 10-й и 11-й пятилетках, по вопросам научно-технического прогресса железобетона и задачам научных организаций, по проблемам технологии бетонов, экономике и другим вопросам.

На конференции будут работать три секции:

а) бетоны и материалы для их изготовления;

б) сборные и монолитные железобетонные конструкции (теория, проектирование и применение);

в) технология сборных и монолитных железобетонных конструкций.

Информируя специалистов отрасли о направлении работы конференции, оргкомитет предлагает всем желающим, имеющим новые оригинальные предложения как в области научно-исследовательских разработок, так и в практических достижениях, присылать их для использования при подготовке пленарных и секционных докладов и разработке проекта рекомендаций конференции.

Срок представления материалов не позднее 1 января 1977 г. в адрес ЦП НТО стройиндустрии (106003, Москва, Каретный ряд, дом 10).

ОРГКОМИТЕТ

Инж. В. В. УСЫНИН (трест Оргтехстрой Главкузбасстроя)

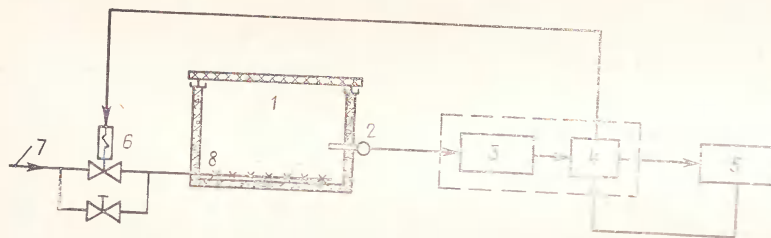
Система управления электромагнитным вентилем при подаче теплоносителя в агрегаты периодического действия

В технологическом процессе изготовления железобетонных изделий наиболее длительной является термовлажностная обработка с использованием в качестве теплоносителя пара низкого давления.

Для обеспечения нормального протекания процесса и изменения температурного режима во времени используют программные автоматические регуляторы, где регулирование заданного температурного режима осуществляется от

вод состоит из двух электромагнитов, работает от сети постоянного тока 220 В и развивает тяговое усилие 10 кгс.

Опыт эксплуатации данной системы автоматического управления показал, что наиболее слабым ее звеном является система блок-контактов электромагнитного привода. Температура в объекте регулирования часто изменяется. В момент размыкания контактов на них по-



Структурная схема бесконтактного управления электромагнитным вентилем
1 — объект регулирования (пропарочная камера); 2 — датчик температуры; 3, 4 — фазочувствительный усилитель с релейным выходом; 5 — тиристорный ключ; 6 — исполнительный механизм; 7 — трасса паропровода; 8 — перфорированная трубная разводка

программы, подающей команды на исполнительный механизм, установленный на трассе паропровода.

В качестве исполнительного механизма на предприятиях сборного железобетона применяют сальниковый вентиль 15кч8776р с электромагнитным приводом ЭВ-3, снабженным системой дистанционного электрического управления. При-

является искровая дуга и они подгорают. Тяговое усилие ослабевает, происходит неоднократное включение катушек, в результате чего они постоянно находятся под напряжением. Обмотки катушек интенсивно нагреваются, происходит частичный пробой изоляции, катушка приближается к короткозамкнутому витку и мгновенно сгорает. Наличие

индуктивной нагрузки электропривода еще более осложняет работу этой системы.

Производственные условия (повышенная влажность, абразивная пыль и т. д.) создают дополнительные трудности в эксплуатации электромагнитного привода.

На рисунке представлена разработанная автором структурная схема системы бесконтактного управления электромагнитным вентилем.

Система управления работает следующим образом. Температура в объекте регулирования измеряется специальным чувствительным датчиком, который преобразует ее в пропорциональное изменение сопротивления и сравнивает с величиной задатчика программного регулятора в фазочувствительном усилителе. При нарушении равенства этих величин появляется сигнал рассогласования. Срабатывает одно из реле блока, которое коммутирует цепь питания одной из катушек электромагнитного привода. Одновременно подается сигнал управления на бесконтактный тиристорный ключ, который формирует импульсный сигнал управления катушкой с длительностью порядка 1 с и подает его через подготовительные цепи блока на одну из катушек электромагнитного привода, минуя блок-контакты.

В зависимости от изменения величины и знака сигнала управления на выходе регулятора будет коммутироваться та или иная цепь управления питания катушки, изменится положение вентилей, регулирующих подачу теплоносителя в пропарочную камеру.

Данная система управления проста по конструкции, надежна в работе, удобна в техническом обслуживании. Тиристоры КУ-201, используемые в схеме, не имеют лимитированного срока службы и практически не требуют обслуживания в процессе эксплуатации.

Система управления электромагнитным вентилем применяется на заводе ЖБК-3 треста «Стройиндустрия» (Новокузнецк).

Издано в странах СЭВ

Чешельский Е. Соединение и ремонт бетонных конструкций с помощью эпоксидных смол. Варшава, 1976.

В книге изложены практические сведения по склеиванию бетона эпоксидными смолами. Подробно рассматриваются: свойства польских эпоксидных смол, технология склеивания бетона, ремонт поврежденных бетонных кон-

рукций путем заполнения трещин и дефектов эпоксидными смолами, выполнение соединений сборных элементов с помощью эпоксидных смол, а также усиление бетонных конструкций путем приклеивания бетона и стали к существующим конструкциям.

Результаты исследований автора книги, вызвавшие большой интерес за ру-

бежом, были отражены в материалах международного симпозиума, состоявшегося в Париже в 1967 г., а также опубликованы в журнале «Building Science».

Книга предназначена для инженеров-строителей, работающих непосредственно на строительстве, но может быть использована также и проектировщиками.

Совершенствование системы управления предприятиями строительной индустрии

В соответствии с решениями XXV съезда КПСС в десятом пятилетии предусматривается полностью завершить создание производственных объединений в промышленности и приступить к последовательному переводу строительных организаций на двух- и трехзвенную систему управления. В этой связи большое значение имеют вопросы упорядочения организационной структуры управления предприятиями по производству строительных конструкций, изделий и материалов, прежде всего сборного железобетона, находящимися в ведении строительных министерств и ведомств.

Вопросам совершенствования управления предприятиями строительной индустрии было посвящено совещание-семинар строительных министерств и ведомств, проведенное недавно в Днепропетровске Госстроем СССР и Госстроем УССР, Минтяжстроем СССР и Минтяжстроем УССР, Центральным, Украинским и Днепропетровским правлением НТО стройиндустрии. Целью совещания явился широкий обмен опытом управления предприятиями строительной индустрии и работы промышленных и производственных объединений, промышленных и промышленно-комплексных трестов, обобщение опыта организации комплектации строящихся объектов строительными конструкциями и материалами.

В работе совещания приняли участие руководители Госстроя СССР, строительных министерств и ведомств, территориальных главных управлений и объединений, строительных организаций и пред-

приятий строительной индустрии, представители государственных комитетов, работники научно-исследовательских и проектных институтов, высших учебных заведений, ответственные работники партийных и советских органов, научно-техническая общественность.

С докладами и сообщениями об опыте совершенствования структуры управления подведомственными предприятиями сборного железобетона и других строительных конструкций выступили заместители министров строительства предприятий тяжелой индустрии Украинской ССР, промышленного строительства Украинской ССР, строительства Эстонской ССР, руководители объединений «Укртяжстройиндустрия» Минтяжстроя УССР и «Укрстальконструкция» Минмонтажспецстроя УССР, Главэнергостройпрома Минэнерго СССР, Главстройиндустрии Минтяжстроя Казахской ССР, Главволговытскстроя и Главзапстроя Минстроя ССР и др.

Большое внимание было уделено экономическим методам управления, а также применению электронно-вычислительной техники в управлении предприятиями и комплектации строек железобетонными конструкциями и другими изделиями. Этим вопросам были посвящены доклады директоров НИИЭС и ЦНИПИ-АСС Госстроя СССР.

Участники совещания обменялись опытом работы объединений и трестов строительной индустрии, заводостроительных комбинатов, внедрения системы поставки конструкций на строящиеся объ-

екты по нарядам и применения экономических санкций за нарушение предприятиями комплектности поставок или за необоснованные отказы строительных организаций от приемки конструкций.

Были приняты рекомендации, предусматривающие создание промышленных и производственных объединений строительной индустрии, подчиненных строительным министерствам и ведомствам, территориальным главным управлениям, управлениям или объединениям по строительству, осуществление специализации и кооперации производства, укрупнение предприятий, а также внедрение рациональной системы комплектации строящихся объектов конструкциями и изделиями с использованием электронно-вычислительной техники.

Состоявшийся обмен мнениями и принятие рекомендаций будут способствовать решению вопросов упорядочения организационных форм управления предприятиями, находящимися в ведении строительных министерств и ведомств, а также введению системы комплексной поставки на стройки продукции предприятий производственной базы, что должно положительно отразиться на повышении эффективности строительного производства.

С. М. ЯЗЫКОВ,
зам. начальника отдела
строительной индустрии, конструкций
и новых материалов
Госстроя СССР

Издано

в странах

СЭВ

Хоп Т. Бетоны, модифицированные полимерами. Варшава, 1976.

В книге рассматриваются вопросы использования полимеров в качестве добавок к бетонам, а именно: типы и свойства полимеров, методы исследования дисперсии полимеров, методы создания

бетонов, модифицированных полимерами, свойства затвердевшего бетона и их использование в строительстве.

Книга предназначена для инженеров и техников, работающих на строительстве и в промышленности строительных материалов.

CONTENTS

CONTENU

INHALTSVERZEICHNIS

Semenov A. I. Concrete placers made of unitized assemblies

Korolev K. M., Malinina L. A., Kurepa P. N., Mukhin V. I., Nekhamin Yu. J., Fomin Yu. E., Platonova I. N., Denisyuk E. F. Preheating of concrete mix by steam
Olekhanovich K. A. Choice of technological regimes for concrete mixes compaction on vibration platforms

Gladkov V. S., Polyakov B. I. Comparative investigations of concretes with different complex admixtures

Bartashevich A. A., Dalevsky A. K., Yukhnovsky P. I. Cement — polymer concrete with complex admixtures

Dobryakova L. I., Funikov A. G. Decorative concretes for exterior finishing of buildings in northern areas

Shcherbakov A. S., Tolkachnik S. V., Podchufarov V. S., Gurevich A. A., Buterin V. M. Moisture deformations of arbolite
Rabinovich F. N. Properties of hydrated cement paste, reinforced by glass fibres
Levitin A. L., Fedosenko N. M., Apraksyud M. A., Burakas A. I., Krivosheev P. I., Chemer A. V., Vodopylanov L. V. Application experience of prestressed concrete box type floors 18 m in length

Subbotin D. M., Svetov A. A. Improvement of ribbed slabs 3x6 m in size
Zhuravel' A. F., Kukhar' G. P. Test bed with pneumatic cushion for slabs up to 3x12 m in size

Karlina I. N., Chernov A. V. Concrete corrosion in dichlorbutene

Silaenkov E. S. Perfectioning in crack — resistance of autoclave cellular concrete products

Pashkov O. I. Designing of rectangular hollow cross — sections under complex strains

Novozhilov L. A., Frolov V. N. Reconstruction of reservoir with regard to its real work

Semenov A. I. Bétonneuses en groupes — ensembles

Korolev K. M., Malinina L. A., Kourepa R. N., Moukhine V. I., Nekhamine Y. G., Phomine Y. E., Platonova G. N., Denysjuk E. Ph. Réchauffage préalable par vapeur du béton frais

Olekhnovitch K. A. Choix des régimes technologiques pour le compactage des bétons frais sur tables vibrantes

Gladkov V. S., Poljakov B. I. Recherches comparatives de bétons avec des différents adjuvants complexes

Bartashevitch A. A., Dalevsky A. K., Yuhkhnevsky P. I. Béton — ciment de résine avec des adjuvants complexes

Dobryakova L. I., Phounikov A. G. Béton d'ornement pour le finissage extérieur des bâtiments dans les régions du nord

Shcherbakov A. S., Tolkatchnik S. V., Podchoupharov V. S., Gourevitch A. A., Bouterine V. M. Déformations d'humidité d'arbolithe

Rabinovitch Ph. N. Sur les propriétés de pierre de ciment renforcée aux fibres de verre

Levitine A. L., Phedossenko N. M., Arpaksyud M. A., Bourakas A. I., Krivosheev P. I., Chemer A. V., Vodopjanov L. V. Application des platelages boitiers précontraints en béton armé avec 18 m de longueur

Subbotine D. M., Svetov A. A. Perfectionnement des dalles nervurées 3x6 m
Jouravel A. Ph., Koukhar' G. P. Chantier d'essai avec coussin d'air pour des dalles jusqu'à 3x12

Karlina I. N., Tchernov A. V. Corrosion du béton mis en dichlorbutène

Silaenkov E. S. Accroissement de résistance à la fissuration des produits en bétons autoclavés cellulaires

Pashkov O. I. Le problème de projeter les sections rectangulaires creuses sous les déformations complexes

Novogilov L. A., Phrolou V. N. Reconstruction du réservoir compte tenu de son service réel

Semenow A. I. Betoneinbringer aus aggregierten Knotenverbindungen

Koroljew K. M., Malinina L. A., Kurepa R. N., Muchin W. I., Nechamin J. J., Fomin J. E., Platonowa J. N., Denissjuk E. F., Vorläufige Dampferwärmung des Frischbetons

Olechnowitsch K. A. Auswahl der technologischen Verdichtungsregimes von Frischbetongemische an Rütteltischen

Gladkow W. S., Poljakow B. I. Vergleichchenuntersuchungen von Betonen mit unterschiedlichen Komplexzusatzmitteln

Bartaschewitsch A. A., Dalewskij A. K., Juchnewskij P. I. Zementpolymerbeton mit Komplextüsätzen

Dobryakowa L. I., Funikow A. G. Sichtbetone für Gebäudeaussenputz in Nordgebieten

Stscherbakow A. S., Tolkatschnik S. W., Podtschufarow W. S., Gurewitsch A. A., Buterin W. M. Feuchtlige Arbolitsformänderungen

Rabinowitsch F. N. Eigenschaften des mit Glasfasern bewehrten Zementssteines

Lewilin A. L., Fedossenko N. M., Arpaksyud M. A., Burakas A. I., Kriwoscheew P. I., Tschemer A. W., Wodopjanow L. W. Anwendungserfahrung von vorgespannten kastenförmigen Dielen aus Stahlbeton mit 18 m — Länge

Subbotin D. M., Swetow A. A. Vervollkommnung von 3x6 m Rippenplatten

Shurawel' A. F., Kuchar' G. P. Versuchsstand mit pneumatischer Bettung für 3x12 m — Platten

Karlina I. N., Tschernow A. W. Betonkorrosion in Dichlorbuten

Silaenkov E. S. Erhöhung der Rissfestigkeit von Erzeugnissen aus autoklaven Porrenbetonen

Paschkow O. I. Projektierung von rechteckigen Hohlquerschnitten bei komplizierten Deformationen

Nowoschilow L. A., Frolov W. N. Rekonstruktion des Reservoirs mit Berücksichtigung seiner tatsächlichen Arbeit

Редакционная коллегия: И. Н. Ахвердов, В. Н. Байков, Ю. М. Баженов, [О. Я. Берг], Ю. В. Волконский, А. А. Гвоздев, А. М. Горшков, Г. С. Иванов, В. Т. Ильин, Р. И. Каралов (зам. главного редактора), Н. М. Колоколов, М. Г. Костюковский, А. А. Лейрих, В. А. Михайлов, 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

Адрес редакции:
103006,
Москва, К-6,
Каляевская ул., 23а
телефоны
250-18-54, 250-24-35

Технический редактор
ИНОЗЕМЦЕВА Н. Е.
Корректор
ЗАЛЕВСКАЯ В. М.

Сдано в набор 13/VIII 1976 г.
Подписано к печати 13/IX 1976 г.
Т-17337 УИЛ 7,78 Бумага 60x90¹/₈
Объем 6 печ. л. + ¹/₄ п. л. накидка
Тираж 22 025 экз. Заказ 436
Цена 40 коп.

Подольская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли г. Подольск, ул. Кирова, 25