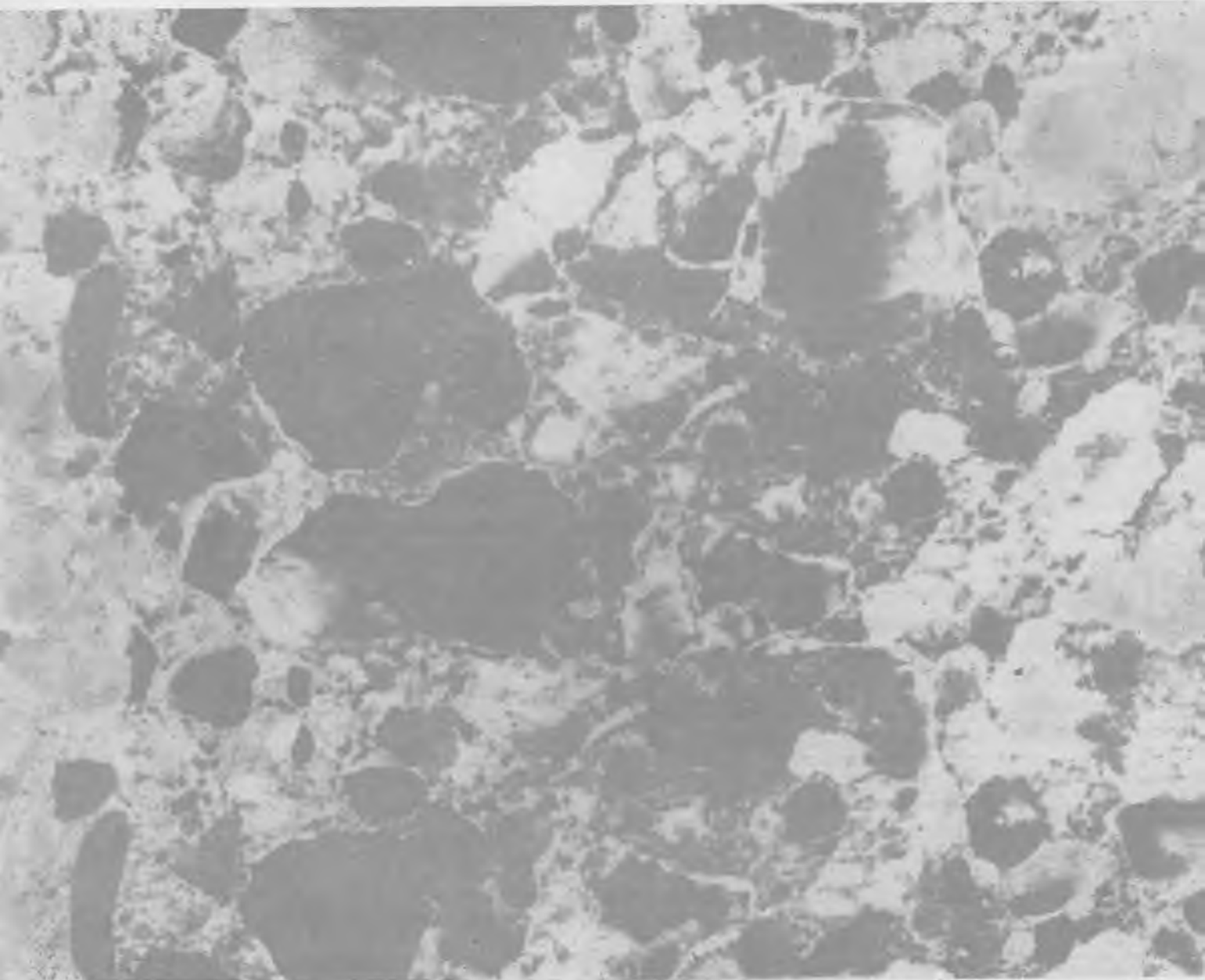


# БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

8  
1983



*Дорогие товарищи!*

*Поздравляем Вас с Днем строителя,  
желаем больших успехов в выполнении  
грандиозных задач в области капитального  
строительства, поставленных XXVI съездом КПСС!*

**НИИЖБ Госстроя СССР издает в 1983 году  
сборники научных трудов:**

**Совершенствование конструктивных форм, методов расчета и проектирования железобетонных конструкций.** Под ред. К. В. Михайлова.

**Технология и долговечность железобетонных конструкций.** Под ред. Б. А. Крылова.

**Новое в технологии, расчете и конструировании железобетонных конструкций** (сборник трудов молодых специалистов). Под ред. Б. А. Крылова и Н. Н. Коровина.

**Перекрытия по стальному профилированному настилу.** Под ред. А. П. Васильева.

**Химически стойкие П-бетоны.** Под ред. Б. А. Крылова.

**Легкие бетоны на основе отходов промышленности и конструкции из них.** Под ред. И. Е. Путляева и В. И. Савина.

*Сборники высылаются наложенным платежом. Заказы на издания НИИЖБ следует направлять по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., 6. ОИТИ НИИЖБ.*

# БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР  
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ  
ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ с апреля 1955 г.

## Содержание

День строителя . . . . .	2
<b>Решения XXVI съезда КПСС — в жизнь!</b>	
<i>Батраков В. Г., Метелицын И. Г.</i> Бетоны высокой морозостойкости из литых смесей	3
<i>Рагинов В. Б., Розенталь Н. К.</i> Ингибиторы коррозии стальной арматуры в бетоне	5
<i>Москвин В. М.</i> Гидрофобизация как средство повышения стойкости бетона . . . . .	7
<i>Кузнецова Т. В.</i> Цементы для конструкций повышенной коррозионной стойкости	10
<i>Крыжановская И. А., Гальчинецкая Ю. Л., Киряева Э. Е., Баталина Л. А., Муштаков М. И., Субботкин М. И., Волкова А. И.</i> Сульфатостойкие шлакопортландцементы	11
<i>Чернов А. В.</i> Классификация и оценка агрессивности органических сред . . . . .	13
<i>Флакс В. Я., Подвальный А. М.</i> Антикоррозионная защита стальных соединений в сборном железобетоне . . . . .	14
<i>Читаишвили Т. Г.</i> Повышение долговечности подземных бетонных сооружений	16
<i>Попова О. С.</i> Коррозионная стойкость бетонов с добавками водорастворимых смол	17
<i>Дубницкий В. Ю., Заславский И. Н., Чернявский В. Д.</i> Прогнозирование срока службы конструкций по данным натуральных обследований . . . . .	19
<i>Орентлихер Л. П.</i> Коррозионная стойкость бетона на пористых заполнителях . . . . .	21
<b>Экономия ресурсов</b>	
<i>Биевец Н. Л.</i> Опыт строительства зданий с покрытиями из крупноразмерных конструкций . . . . .	22
<b>Для сельского строительства</b>	
<i>Отставнов В. А., Буракас А. И., Галич В. Д., Цейтлин А. А., Гордеева Т. Ф.</i> Унифицированные схемы сводчатых сельскохозяйственных зданий . . . . .	23
<i>Цилосани З. Н., Татишвили Т. И., Мачавариани Р. Н., Ломидзе Ш. А.</i> Железобетонные изделия, пропитанные в расплаве серы, для сельскохозяйственных объектов	25
<b>Стандарты</b>	
<i>Патуроев В. В., Волгушев А. Н., Костин И. И.</i> Стандарт на химически стойкие бетоны . . . . .	26
<b>Бетоны</b>	
<i>Грушко И. М., Дегтярева Э. В., Соболев Г. Н., Маракина Л. Д., Козаков В. Н., Львовский И. Г.</i> Новый суперпластификатор для бетона . . . . .	27
<i>Лобанов И. А., Пухаренко Ю. В., Моргунов Л. В.</i> Безавтоклавные ячеистые бетоны, армированные синтетическими волокнами . . . . .	28
<b>Заводское производство</b>	
<i>Животовский И. Л., Мухин Ю. М., Цыро В. В., Подсыпанин Ю. И.</i> Кассетно-конвейерная линия для крупнопанельного домостроения . . . . .	30
<b>Строительное производство</b>	
<i>Абрамов Л. И., Тростянский П. В.</i> Организационно-техническое обеспечение несущей способности панельных домов . . . . .	32
<i>Глуховской К. А.</i> Индустриальные методы сооружения монолитных и сборно-монолитных конструкций . . . . .	33
<b>В помощь проектировщику</b>	
<i>Маилян Л. Р.</i> Приближенный метод расчета неразрезных балок с учетом перераспределения усилий . . . . .	35
<b>Использование промышленных отходов</b>	
<i>Романов Ю. М., Медведев В. М.</i> Методика оценки пригодности золы и шлаков теплоэлектростанций как компонентов бетонов и растворов . . . . .	37
<b>Охрана труда и техника безопасности</b>	
<i>Томко С. В.</i> Улучшение воздушной среды в цехах при производстве сборного железобетона . . . . .	38
<b>На ВДНХ СССР</b>	
Содержательная выставка . . . . .	40
<b>Нам пишут</b>	
<i>Шастина Г. А., Кузнецов Н. В.</i> Полимерные антиадгезионные покрытия форм и опалубок . . . . .	42
<b>Информация</b>	
<i>Савелов И. Г.</i> К развитию строительной науки в Киргизии . . . . .	43
О социалистических обязательствах коллективов Минпромстроя АрмССР на 1983 г.	44
<b>Зарубежный опыт</b>	
<i>Михайлов К. В., Волков Ю. С.</i> Преднапряженные железобетонные напорные соуды для термических процессов . . . . .	45

8

[341]

август 1983



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛИТЕРАТУРЫ  
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

Москва

Вологодская областная универсальная научная библиотека

© Стройиздат, 1983

www.booksite.org

# ДЕНЬ СТРОИТЕЛЯ

14 августа многомиллионная армия советских строителей отмечает свой профессиональный праздник — День строителя.

Строительство сегодня превратилось в крупную самостоятельную отрасль народного хозяйства, которой принадлежит ведущая роль в развитии всей экономики нашей страны. Усовершенствовалась и окрепла индустриальная база строительства, основанная на применении современной техники и технологии, достижениях всех отраслей народного хозяйства.

В третьем, сердцевинном году одиннадцатой пятилетки строители, как и все трудящиеся страны, продолжают упорно трудиться над выполнением задач, поставленных XXVI съездом партии, а также майского, ноябрьского (1982 г.) и июньского (1983 г.) Пленумов ЦК КПСС. А задачи эти огромны — предстоит освоить свыше 144 млрд. р. капитальных вложений, выполнить строительно-монтажных работ на сумму 71 млрд. р. При этом темпы роста основных фондов должны опережать возрастание капитальных вложений, т. е. задача состоит в том, чтобы большие результаты достичь с меньшими затратами.

В условиях научно-технической революции рост народно-хозяйственной эффективности во многом зависит от фактора времени. Особенно большое значение он приобретает в строительстве, где сокращение инвестиционного процесса повышает эффективность самого строительства, а более быстрый ввод в действие мощностей и объектов не только ускоряет приток производства во всех отраслях народного хозяйства, но и высвобождает дополнительные ресурсы, которые могут быть использованы для дальнейшего развития других его отраслей.

За счет государственных капитальных вложений в нынешнем году намечено ввести в действие основные фонды общей стоимостью 125 млрд. р., что позволит к концу текущего года несколько уменьшить объем незавершенного строительства. Этому же будут способствовать и увеличение в структуре капиталовложений доли затрат на оборудование при соответствующем снижении расходов на строительно-монтажные работы.

Капитальное строительство — одна из наиболее материалоемких отраслей народного хозяйства, крупнейший потребитель многих видов сырья, материалов, трудовых, финансовых, топливно-энергетических ресурсов. Поэтому одной из важнейших задач всех участников строительного процесса является борьба с распылением сил и средств, отыскание и скорейшее использование всех резервов экономики этих ресурсов. И в первую очередь на стройках необходимо навести должный порядок, повысить культуру производства, усилить дисциплину труда. О необходимости того, чтобы подобное отношение к делу стало постоянной практикой нашей работы, с большой убедительностью говорилось на ноябрьском (1982 г.) Пленуме ЦК КПСС.

Велика роль капитального строительства в решении задач, связанных с осуществлением Продовольственной программы СССР. Советские строители вносят весомый вклад в развитие сельскохозяйственного производства и всего агропромышленного комплекса. Именно им предстоит изменить облик деревни, приблизить характер труда и быта сельского населения к городскому уровню. На эти цели государство выделяет огромные средства и материально-технические ресурсы. Долг и дело чести наших строителей, чтобы эти ресурсы были использованы наиболее целесообразно и эффективно.

Отдавая должное уже достигнутому в этом важнейшем деле, необходимо основное внимание сосредоточить на нерешенных проблемах и имеющихся недостатках. А их, к сожалению, еще немало. Зачастую задания не выполняются в срок, строительные организации несут убытки, хозяйствуют неэкономично. В результате — не сданные в срок производственные объекты, жилье, учреждения соцкультбыта. Следует сосредоточить усилия в борьбе с бесхозяйственностью и расточительством, потерями и непроизводительными расходами, необходимо создать обстановку нетерпимости к таким явлениям, как использование государственного, общественного имущества в личных целях.

Основы успешного выполнения Продовольственной программы закладываются сегодня, поэтому сельскому строительству должно быть уделено первостепенное внимание. Именно от строителей и работников стройиндустрии во многом зависит успех претворения в жизнь этой важнейшей задачи, поставленной партией перед всем советским народом.

Одним из важнейших направлений социальной политики нашего государства является забота об улучшении жилищных условий советских людей. Как и в предыдущие годы, в нынешнем году жилищное строительство ведется в широких масштабах. За счет всех источников финансирования намечено ввести в эксплуатацию свыше 106 млн. м<sup>2</sup> жилья. Почетен труд домостроителя. Всей стране известны имена таких славных домостроителей, как Н. А. Злобин, В. А. Затворницкий, И. Д. Ганчев и многих других. Все они пользуются заслуженным почетом и уважением нашего народа.

Однако многие трудящиеся все еще нуждаются в улучшении жилищных условий. Из-за нехватки жилья не везде обеспечиваются кадрами вновь созданные производственные мощности, особенно в районах Сибири и Дальнего Востока. О необходимости коренного улучшения планирования, финансирования и ведения жилищного строительства отмечалось в постановлении ЦК КПСС «О мерах по обеспечению выполнения планов строительства жилых домов и социально-бытовых объектов».

Сейчас набирает силу развернувшееся почти три года назад социалистическое соревнование за ускоренный ввод жилья на Дальнем Востоке. Оно призвано помочь быстрее осуществить поставленную партией важную социально-экономическую задачу — ускоренными темпами развивать производительные силы восточных районов страны. Участники соревнования изыскивают новые резервы, направляют свои усилия на своевременный и досрочный ввод в эксплуатацию жилых домов с высоким качеством работ.

Советские строители, как и весь наш народ, с огромным воодушевлением восприняли решения июньского (1983 г.) Пленума ЦК КПСС, посвященного актуальным вопросам идеологической, массово-политической работы партии, и программное выступление на нем Генерального секретаря ЦК КПСС Ю. В. Андропова. На Пленуме подчеркивалось, что внимание соревнующихся должно быть сосредоточено прежде всего на повышении качества продукции, улучшении использования трудовых и материальных ресурсов, экономии в большом и малом. В свете этих решений важнейшая задача строителей состоит сейчас в резком повышении производительности труда. При этом необходимо максимально снизить долю затрат труда на строительной площадке, превратив ее в монтажную. Для этого надо в короткие сроки осуществить дальнейшую индустриализацию строительного производства, значительно повысить уровень заводской готовности изделий и конструкций.

Как отмечалось на Пленуме ЦК КПСС, идеологическая, пропагандистская работа призвана способствовать ускорению научно-технического прогресса, повышению технического уровня и качества продукции, лучшему использованию производственных мощностей, сырья, энергии, рабочего времени и капитальных вложений. Идеино-воспитательная работа должна активно помогать укреплению организованности и ответственности, безусловному выполнению государственных планов.

Выражением дальнейшего развития социалистической демократии послужило принятие восьмой сессией Верховного Совета СССР десятого созыва «Закона СССР о трудовых коллективах и повышении их роли в управлении предприятиями, учреждениями, организациями». В этом документе определены взаимоотношения трудовых коллективов с органами государственной власти и принципы их участия в управлении. Ответственная роль отводится трудовым коллективам, производственным бригадам в осуществлении действенного контроля за мерой труда и потребления. Закон расширяет полномочия коллективов в совершенствовании заработной платы, премирования, использования поощрительных фондов. Высокая ответственность возложена на коллектив за укрепление дисциплины на производстве. Правом и обязанностью коллектива становится осуществление мер по комплексному идейно-политическому, трудовому, нравственному и правовому воспитанию своих членов. Каждый коллектив, опираясь на нормы закона, должен еще более активно включиться в решение конкретных задач нынешнего года и пятилетки в целом.

Успешное выполнение строителями своих заданий в текущем году во многом определит то, как будут осуществлены планы капитального строительства на одиннадцатую пятилетку. Строители приложат все усилия, чтобы с честью выполнить установленные задания и принятые обязательства, внося свой достойный вклад в решение общих народнохозяйственных задач пятилетки.

УДК 691.327:666.972.53

В. Г. БАТРАКОВ, канд. техн. наук (НИИЖБ);  
И. Г. МЕТЕЛИЦЫН, канд. техн. наук (Одесский инженерно-строительный ин-т)

## Бетоны высокой морозостойкости из литых смесей

Известно, что морозостойкость бетона обеспечивается не только ограничением величины  $V/C$ , выполнением требований к качеству материалов и тщательности приготовления, но и наличием в бетоне определенной системы условно-замкнутых пор, заполненных воздухом или газом [1]. Система условно-замкнутых пор образуется при введении в состав бетонной смеси химических добавок — микропено- и газообразователей.

В последние годы разработаны суперпластификаторы, позволяющие получать литые бетонные смеси с низким водосодержанием и без увеличения расхода цемента. Однако суперпластификаторы не являются добавками, повышающими морозостойкость бетона.

Высокие технические характеристики и экономическая эффективность высокоподвижных и литых бетонных смесей с суперпластификаторами предопределили всевозрастающий интерес к разработке и изготовлению на их основе полифункциональных модификаторов для придания специальных свойств затвердевшему бетону.

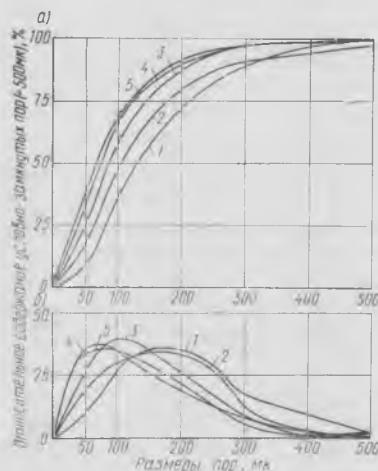
В НИИЖБ разработаны составы полифункциональных модификаторов (ПФМ) на основе разжижителя С-3. Их использование позволяет снизить до 40% расход дефицитного С-3, получать высокоподвижные и литые бетонные смеси без увеличения водосодержания и расхода цемента, а на основе последних — бетоны высокой морозостойкости ( $M_{рз}$  300—600) [2]. НИИЖБ совместно с другими организациями разработаны составы и способы изготовления порошкообразных или гранулированных комплексных модификаторов бетона для централизованного производства и применения [3]. Модификаторы типа КМБП и типа «Промопласт» имеют вид мелкодисперсного порошка, первый максимальной крупностью частиц 0,2—0,5 мм, второй — 0,05—0,1 мм. Полифункциональные модификаторы

хорошо растворяются в воде, не слеживаются, могут храниться не менее одного года без ухудшения свойств.

Анализ результатов испытаний (табл. 1), а также опытно-производственного внедрения показывает, что при расходе цемента 350—450  $кг/м^3$  введение полифункциональных модификаторов в количестве 1,8—2,4% (типа КМБП) и 0,85—0,95% (типа «Промопласт») позволяет повышать пластичность бетонных смесей с 2—4 до 20—24 см осадки стандартного конуса. Разжижающая способность ПФМ типов КМБП, «Промопласт» находитесь на уровне эффективных отечественных и зарубежных суперпластификаторов (С-3, Майти, Мельмент и др.) при более длительном сохранении пластифицирующего эффекта.

При переходе от малоподвижных бетонных смесей (О.К.=5—7 см) к высокоподвижным и литым применение ПФМ позволяет одновременно использовать эффект снижения водосодержания. Снижение  $V/C$  высокоподвижных бетонных смесей с ПФМ ведет к повышению прочностных характеристик и морозостойкости бетона.

Прочность при сжатии бетонов с



Интегральные (а) и дифференциальные (б) кривые распределения условно-замкнутых пор бетонов без добавок и с полифункциональными модификаторами (номера составов бетона согласно табл. 3)

ПФМ из высокоподвижных и литых смесей превышает прочность на сжатие бетона без добавок из малоподвижных (О.К.=5—7 см) смесей в возрасте 7 и 28 сут в среднем на 10—15%. Прочность бетонов с добавками нарастает во времени аналогично прочности бетона без добавок из смесей с О.К.=5—7 см и во всех случаях повышает прочность бетона без добавок.

Для проверки влияния порошкообразных ПФМ на морозостойкость были проведены испытания бетонов. Исследования по методике ГОСТ 10060—76 были проведены в лаборатории испытания бетонов НИИЖБ. Испытывали кубы с ребром 10 см из бетона состава Ц:П:Щ — 1:1,6:2,4. Расход цемента 450  $кг/м^3$ , материалами для испытания служили цемент восточный марки 400, песок московский ( $M_{кр}=1,89$ ), гранитный щебень карельский фракций 5—10 мм — 55%, 10—20 мм — 45%. Полифункциональные добавки вводили совместно с водой затворения в количестве 2,4% (для модификаторов типа КМБП) и 0,85—0,9% (для модификаторов типа «Промопласт»), дозировка воздухововлекающих компонентов: СНВ — 0,005%, КТП — 0,01%.

Испытания на морозостойкость показали (табл. 2), что применение модифицированных ПФМ позволяет увеличить морозостойкость бетона с  $M_{рз}$  200 до  $M_{рз}$  600 с одновременным увеличением подвижности смесей с 5—7 до 20—22 см, без снижения прочности затвердевшего бетона. Результаты испытаний хорошо согласуются с результатами ускоренных испытаний при низких отрицательных температурах (—55...—60°C) в пресной воде и в солевом растворе хлористого натрия.

Повышение морозостойкости бетона из высокоподвижных бетонных смесей вызвано модификацией его поровой структуры при применении полифункциональных добавок, имеющих в своем составе добавки — регуляторы структуры. Известно, что прочность, морозостойкость и непроницаемость бетона определяются особенностями его поровой структуры и тесно связаны с ней.

Оценка параметров условно-замкнутой пористости бетонов, модифицированных полифункциональными добавками типа КМБП и «Промопласт», производилась с помощью микроскопических исследований шлифов по линейному методу [1]. Согласно гипотезе гидравлического давления, морозостойкость бетона повышается при уменьшении расстояния между услов-

но-замкнутыми порами. Одним из основных критериев морозостойкости, наряду с общим воздухом содержанием (величина  $A$ ), является величина так называемого «фактора расстояния» ( $L$ ). По мнению многих исследователей, для морозостойких бетонов фактор расстояния не должен превышать 0,25 мм. Как видно из данных табл. 3, введение ПФМ существенно улучшает поровую структуру бетона. При введении полифункциональных модификаторов типа КМБП и «Промопласт» поры равномерно распределяются в объеме бетона, что обеспечи-

вает его высокую морозостойкость. Кривые распределения условно-замкнутых пор (к условно-замкнутым порам относили поры с радиусом более 1000 мк), представленные на рисунке, показывают, что в бетонах с ПФМ преобладают равномерно распределенные мелкие поры. Объем пор, имеющих диаметр менее 200 мк, составляет 80,4, т. е. 91% общего количества пор. Доля пор диаметром крупнее 500 мк не превышает 2,3% всего количества условно-замкнутых пор.

Исследования показывают, что вве-

дение ПФМ увеличивает общее воздухом содержание бетонной смеси до 4—6%, при этом объем условно-замкнутых пор в бетоне (величина  $A$ ) составляет 3—4%, фактор расстояния (величина  $L$ ) не превышает 0,25 мм. Увеличение воздухом содержания происходит в основном за счет пор размером до 200 мк, объем которых составляет 80—91% общего количества условно-замкнутых пор. Максимум пор наблюдается в диапазоне размеров 50—100 мк. При этом морозостойкость затвердевшего бетона увеличивается не менее чем в 2,5—3 раза при замораживании при температуре  $-17... -20^{\circ}\text{C}$ , а также при низких ( $-55^{\circ}\text{C}$ ) отрицательных температурах.

Изучение защитных свойств бетонов с ПФМ показало, что за счет модифицирования структуры и снижения  $V/C$  бетона повышаются его водонепроницаемость и защитные свойства по отношению к стальной арматуре.

Исследования позволили установить существенное повышение морозостойкости и коррозионной стойкости с ПФМ бетонов различных составов при использовании портландцементов разного минералогического состава. Практическое использование разработанных модификаторов показало высокую эффективность этих добавок, особенно в отдаленных районах с суровыми климатическими условиями. Введение ПФМ в бетон при сооружении водосливной плотины Зейской ГЭС дало значительный экономический эффект—6,5—7 р/м<sup>3</sup>. В настоящее время НИИЖБ совместно с другими организациями на базе разработанных установок создает технологические линии производства порошкообразных ПФМ.

### Выводы

Разработка и применение порошкообразных полифункциональных модификаторов позволяет получать бетоны высокой морозостойкости ( $M_{рз}$  500—600) из высокоподвижных и литых смесей без снижения прочностных показателей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кунцевич О. В. Исследования физических и технологических основ проектирования морозостойких бетонов. Автореф. дис. на соиск. учен. степени д-ра техн. наук. Л., 1968.
2. Батраков В. Г., Розенталь Н. К., Метелицын И. Г. Влияние полифункциональных модификаторов на структуру и морозостойкость бетонов из высокоподвижных бетонных смесей. В сб.: Исследование и применение бетонов с суперпластификаторами. М., НИИЖБ, 1982.
3. Москвин В. М., Батраков В. Г., Розенталь Н. К. и др. Порошкообразные комплексные модификаторы бетона. — Бетон и железобетон, 1982, № 1.

Таблица 1

Вид добавки	Дозировка добавки, % массы цемента	Дозировка воздухом содержащих компонентов	О. К., см	Объем вовлеченного воздуха, %	V/C	Предел прочности при сжатии, МПа, через, сут		Марка цемента и завод-изготовитель
						7	28	
Без добавки	—	—	6	1,6	0,52	25,7	40,5	марки 400 Воскресенский
Без добавки	—	—	2	1,7	0,46	29,1	46,3	
КМБП	2,4	0,005	20	5,1	0,46	28,7	45,6	
КМБП-1	2,4	0,01	20	5,3	0,46	28,2	44,9	
«Промопласт»	0,9	0,01	22	5,0	0,46	30,0	46,0	
«Промопласт-1»	0,9	0,01	22	5,6	0,46	30,6	45,1	
Без добавки	—	—	7	1,8	0,47	27,9	43,9	марки 500 Брянский
КМБП	2,4	0,003	21	5,4	0,42	31,6	47,1	
КМБП-1	2,4	0,007	21	4,9	0,42	30,6	48,0	
«Промопласт»	0,9	0,007	22	5,1	0,42	34,7	50,4	
«Промопласт-1»	0,9	0,007	22	6,0	0,42	33,2	48,9	
Без добавки	—	—	7	1,6	0,41	40,1	48,3	марки 500 Старооскольский
КМБП	2,4	0,003	24	5,0	0,36	43,1	50,5	
КМБП-1	2,4	0,005	24	4,0	0,36	47,3	53,3	

Примечание. Песок москворецкий  $M_{кр}=1,89$ , щебень гранитный фракции 5—10 мм — 50% и 10—20 мм — 50%.  
Расход цемента Воскресенского завода — 400 кг/м<sup>3</sup>; Брянского завода — 450 кг/м<sup>3</sup>; Старооскольского — 500 кг/м<sup>3</sup>.

Таблица 2

Вид добавки	Со-дер-жание воз-духа, %	Объ-емная масса, г/см <sup>3</sup>	О. К., см	Предел прочности на сжатие, МПа, после прохождения циклов замораживания-оттаивания				Коэффициент морозостойкости, $K_{Мрз}$ , после прохождения циклов замораживания-оттаивания					
				перед испытанием	300	400	500	600	300	400	500	600	
Без добавки	1,7	2,390	7	40,1*	32,1	—	—	—	—	—	—	—	—
КМБП	6,0	2,290	21	44,7	—	45,7	45,5	48,3	—	1,0	1,1	1,07	0,98
КМБП-1	6,3	2,291	20	42,1	—	51,6	46,1	46,2	—	1,23	1,04	1,13	1,15
«Промопласт»	5,1	2,305	22	48,3	—	51,0	55,0	55,6	—	1,06	1,09	1,13	1,15
«Промопласт-1»	7,2	2,200	23	36,0	45,3	—	42,8	44,2	1,26	—	1,19	1,15	—

Примечание. Без добавки —  $V/C=0,46$ ; в остальных случаях — 0,42.  
\* Образцы разрушились после 230 циклов испытаний.

Таблица 3

№ состава бетона	Вид добавки	Общее воздухом содержание бетонной смеси, %	Параметры вовлеченного воздуха			
			содержание воздуха $A$ , %	количество пузырьков воздуха на единицу длины $l$ , мм <sup>-1</sup>	удельная поверхность пузырьков воздуха $\alpha$ , мм <sup>-1</sup>	фактор расстояния $L$ , мм
1	Без добавки	1,8	0,85	0,055	25,9	0,47
2	КМБП	6,0	3,8	0,255	26,8	0,23
3	КМБП-1	6,3	4	0,380	38,0	0,16
4	«Промопласт»	5,1	3	0,299	39,9	0,17
5	«Промопласт-1»	7,2	4,2	0,404	38,5	0,12

Примечания. Общее воздухом содержание бетонной смеси определялось прибором компрессионного типа.  $V/C$  без добавки — 0,46, в остальных случаях — 0,42. Расход цемента — 450 кг/м<sup>3</sup>. Марка по  $M_{рз}$  по ГОСТ 10060—76 у бетона без добавки — 200, в остальных случаях — 600. Число аяшлифов — 2.

В. Б. РАТИНОВ, д-р хим. наук, проф. (МАДИ); Н. К. РОЗЕНТАЛЬ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

## Ингибиторы коррозии стальной арматуры в бетоне

Во многих отраслях промышленности (химической, машиностроении, нефтехимической и др.) применяются добавки-ингибиторы, которые в агрессивной среде резко замедляют коррозию металлов. Впервые в нашей стране ингибиторы изучены в 1957 г. в НИИЖБ. В настоящее время определены рациональные области их применения для антикоррозионной защиты железобетонных конструкций, накоплен определенный опыт.

В результате многочисленных исследований установлены следующие области применения ингибиторов:

защита стальной арматуры в железобетонных конструкциях, эксплуатирующихся в агрессивных средах (растворы солей, морская вода, некоторые газы), в том числе при наличии трещин в бетоне;

ремонт железобетонных конструкций, поврежденных при воздействии агрессивных сред, реставрация или замена защитного слоя бетона, восстановление пассивирующего действия бетона, подвергавшегося действию углекислого газа или хлоридов;

комплексные добавки — ускорители твердения и противоморозные, содержащиеся в качестве компонента хлористые соли;

ингибированные обмазки для защиты стальной арматуры в конструкциях из ячеистых бетонов;

консервационная защита арматурной стали при хранении или в период от установки до обетонирования арматуры;

ингибированные смазки, исключают коррозию стальных форм и оснастки;

повышение защитного действия бетонов на вяжущих, не обладающих этим качеством (гипсовые и гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, шлакопортландцементы на кислых шлаках, цементы низкотемпературного синтеза);

утилизация некоторых отходов промышленности с целью получения добавок в бетон при одновременном уменьшении загрязнения окружающей среды и исключения необходимости

отчуждения территории для их хранения.

Ингибиторы анодного действия замедляют анодный процесс  $Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e^-$ , т. е. собственно процесс растворения металла, перехода ионов из кристаллической решетки в раствор, где вследствие вторичных реакций они образуют продукты коррозии металла. Ингибиторы катодного действия замедляют катодный процесс, который применительно к щелочной или нейтральной среде бетона состоит в ассимиляции освободившихся при анодной реакции электронов кислородом воздуха:



Обычно анодный процесс протекает с большим торможением, чем катодный. Вследствие этого для достижения максимального защитного эффекта целесообразно замедлить ингибиторами именно анодный процесс. Малое торможение катодного процесса в воздушно-влажном бетоне объясняется высокой диффузионной проницаемостью бетона для кислорода. Исключение составляют бетоны, насыщенные водой. Диффузионная проницаемость для кислорода при насыщении бетоном водой снижается в  $10^4$  раз, что практически исключает коррозию.

В качестве ингибиторов анодного действия используются в основном натриты натрия и кальция, фосфаты натрия, хроматы и бихроматы натрия, калия, кальция, тетраборат натрия. Особенно высоким защитным действием обладают бинарные ингибиторы нитрит + тетраборат, нитрит + хромат.

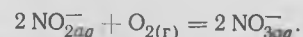
Особое требование к ингибиторам заключается в том, что при введении в бетон они не должны ухудшать свойств бетонной смеси и затвердевшего бетона. Однако максимальный технико-экономический эффект может быть получен при условии, что добавки-ингибиторы будут улучшать не только защитные, но и технологические свойства бетонных смесей и бетонов. В наибольшей степени этому требованию отвечает технический нитрит кальция, выпускаемый в настоящее

время в виде нитрит-нитрата кальция (ННК). Стоимость его в среднем в 3 раза ниже, чем нитрита натрия, при практически одинаковой ингибирующей способности и большей эффективности в качестве технологической добавки. ННК ускоряет схватывание и твердение цемента, уплотняет бетон, не дает высолов, повышает производительность заводов ЖБИ и может применяться при зимнем бетонировании.

В качестве средства защиты стальной арматуры в железобетонных конструкциях, эксплуатирующихся в агрессивных средах, добавки-ингибиторы позволяют существенно увеличить продолжительность межремонтного срока эксплуатации конструкций, особенно в тех случаях, когда вторичная защита (лакокрасочные и другие покрытия) по какой-либо причине трудно-восстановима (высокая влажность, запыленность среды, отсутствие доступа к конструкциям). Для получения максимального ингибирующего эффекта в этом случае следует применять бинарные ингибиторы.

Добавки-ингибиторы поддерживают стальную арматуру в пассивном состоянии даже в случае полной карбонизации защитного слоя бетона. Если на железобетонную конструкцию воздействуют агрессивные среды, содержащие хлористые соли, хлор, хлористый водород, введение ингибиторов существенно отдаляет начало развития коррозии стальной арматуры, поскольку повышает критическое содержание хлоридов в бетоне в 2—3 раза. При оценке длительности защитного действия необходимо учитывать связывание ингибиторов, возможное разложение некоторых из них при воздействии агрессивных сред, вымывание из бетона, если конструкция периодически или постоянно орошается водой. Очевидно, связывание ингибитора в нерастворимые соединения произойдет, если, реагируя с гидроксидом кальция, он образует малорастворимые кальциевые соли (фосфат, тетраборат). Взаимодействие ингибиторов возможно также с алюминатами цементного клинкера.

Принципиально может произойти разложение ингибитора в бетоне при действии агрессивной среды. Установлено, что в присутствии кислорода воздуха нитрит-ионы способны переходить в нитрат-ионы:



Изобарно-изотермический потенциал  $\Delta z^\circ$  реакции равен  $-60,144$  ккал/моль, логарифм константы равновесия со-

ставляет 44,07; если относительное давление кислорода равно 0,21,

$$\lg \frac{[\text{NO}_3^-]}{[\text{NO}_2^-]} \leq 21,661.$$

Таким образом, термодинамически реакция вероятна, однако эксперименты свидетельствуют о том, что в щелочной среде, особенно при  $\text{pH} \geq 12$  (что характерно для некарбонизованного бетона), реакцией окисления нитрита до нитрата можно пренебречь из-за крайне низкой скорости ее протекания.

Об этом свидетельствуют данные 5- и 10-летних ускоренных испытаний бетонных образцов с ингибиторами коррозии стали — нитритом натрия и ННХ.

При работе с комплексной добавкой, содержащей нитрит натрия и хлорид кальция, установлено, что за пять лет в образцах, которые еженедельно в течение одних суток насыщали водой, а 5—6 сут — высушивали (хранение образцов в нормально-влажных условиях), в поровой жидкости осталось 80% нитритов и только 20% хлоридов. Остальное количество хлорид- и нитрит-ионов превратилось в труднорастворимые двойные соли-гидраты: гидрохлор- и гидронитри-алюминат кальция. Во время экспериментов арматура практически не корродировала.

Аналогичные результаты — сильное торможение коррозии стали в бетоне, содержащем хлорид кальция и нитрит-нитрат кальция (ННХ), — были получены и после 9,5-летних ускоренных испытаний образцов по тем же жестким режимам, что и описанные выше ( $\text{Ц:П} = 1:3$ ;  $\text{В/Ц} = 0,5$ ). При соотношении ННХ к хлориду кальция  $\geq 1:1$  по массе (дозировка хлорида кальция 2% к массе цемента) коррозия арматуры была практически такой же, как в бетоне без добавок.

Нитрит натрия может разлагаться в кислых средах и в присутствии окислителя. Например, вероятно разложение нитрита при действии на бетон газообразного хлора. Однако при совместном использовании добавки нитрита натрия и буры, стабилизирующей pH жидкой фазы бетона, он долго сохраняется в бетоне, находящемся в среде газообразного хлора. Известное на практике разложение нитрита натрия с выделением токсичных нитрозных газов при смешении его с кислыми растворами СДБ может быть устранено предварительной нейтрализацией раствора СДБ щелочью. Вымывание ингибиторов из бетона оценивается лишь с учетом концент-

ных условий эксплуатации конструкции. Расчетами установлено, что при толщине защитного слоя 50 мм (конструкции гидротехнических сооружений) и непрерывном смыве ингибитора с поверхности бетона в особоплотном бетоне после 30 лет эксплуатации должны сохраняться достаточные для пассивации стали количества ингибитора.

Вымывание ингибитора из бетона не представляет опасности и в тех случаях, когда агрессивные вещества попали в бетон с водой затворения (например, применение морской воды с ингибитором коррозии или введение комплексных добавок, содержащих наряду с ингибитором хлориды), вяжущим или заполнителем, причем последующий переход этих агрессивных веществ в жидкую фазу бетона происходит достаточно быстро. Это объясняется тем, что и хлорид и нитрит кальция имеют очень близкие значения коэффициентов диффузии и энергии активации диффузии и, следовательно, вымываются с практически одинаковой скоростью. Кроме того, хлориды быстрее и с большей полнотой связываются в труднорастворимые двойные соли с алюминийсодержащими фазами цемента, поэтому со временем соотношение между нитрит- и хлорид-ионами в жидкой среде изменится в пользу нитритов. Особенно высокий защитный эффект достигается при использовании ингибиторов в особоплотном бетоне. В этом случае помимо сильного ограничения анодного процесса возрастает роль торможения катодного процесса.

Исследованиями установлено, что ингибиторы существенно уменьшают повреждения стальной арматуры в трещинах, при этом допустимая ширина их раскрытия может быть увеличена не менее чем в 1,5 раза. Удорожание бетона при использовании ингибиторов составляет 0,4—2,5 р/м<sup>3</sup> в зависимости от вида, что при значительном увеличении долговечности железобетонной конструкции и возможным в некоторых случаях отказе от применения лакокрасочных покрытий оказывается экономически выгодным.

Весьма полезным является использование ингибиторов при ремонте железобетонных конструкций, поврежденных вследствие коррозии арматуры в агрессивной среде. Зачастую ремонт сводится к удалению растрескавшегося защитного слоя, очистке от ржавчины стальной арматуры и восстановлению защитного слоя бетона, при этом сложно полностью удалить бетон, утративший защитное действие

(нейтрализованный, содержащий хлориды и т. п.). В результате коррозия арматуры развивается вновь и защитный слой бетона выходит из строя. Добавки-ингибиторы вследствие диффузионного переноса проникают из вновь нанесенного слоя бетона в старый бетон конструкции и восстанавливают его пассивирующее действие. Поскольку обычно объем нового бетона невелик, дозировку добавок целесообразно увеличивать примерно в два раза по сравнению с обычной.

Хлориды и сульфаты оказывают побочное негативное действие — хлориды вызывают коррозию стальной арматуры, сульфаты образуют также высолы на поверхности бетона. Использование ингибиторов — нитритов натрия (кальция) позволяет на основе хлорида кальция получить эффективные ускорители твердения, лишенные этих недостатков. К ним относится нитрит-нитрат хлорида кальция (ННХК), существенно ускоряющий твердение бетона, вследствие чего на 6—8% сокращается расход цемента, на 5% уменьшаются затраты энергии на ТВО. При этом производительность заводов ЖБИ может быть повышена на 20—40%. Бетон с добавкой ННХК обладает повышенной плотностью и водонепроницаемостью. В качестве противоморозной добавки ННХК применима до температуры —25°C\*.

Хорошие результаты получены при сочетании ННХК с пластификаторами и суперпластификаторами. При введении ННХК с СДБ экономия цемента достигает 12—15%, а комбинация ННХК с С-3 позволяет экономить до 30% электрической и тепловой энергии при ТВО. Если комплексная добавка используется со снижением расхода воды в бетонной смеси (равноподвижные бетонные смеси), получается особоплотный бетон ( $\text{В/Ц} = 0,25 \dots 0,3$ ) с высокими защитными свойствами по отношению к стальной арматуре.

Железобетонные конструкции, изготовленные из такого бетона, могут успешно эксплуатироваться в агрессивных хлоридных средах.

Добавки-ингибиторы применяют в армированных конструкциях бетонов, не обладающих пассивирующим действием по отношению к стальной арматуре. В бетонах на гипсовых, гипсоцементно-пуццолановых, на фосфогипсе и других вяжущих стальная арматура корродирует уже в первые

\* Грапп В. Б., Ратинов В. Б. Применение химических добавок для интенсификации процесса производства и повышения качества бетона и железобетона. Рига. ЛатНИИТИ, 1979.



сутки после изготовления, в дальнейшем этот процесс развивается. Введение добавок-ингибиторов в такие бетоны сильно затормаживает коррозию. Введением добавок-ингибиторов удается затормозить коррозию стали в бетоне на цементах низкотемпературного синтеза, которые содержат значительное количество хлоридов. Однако применение таких цемента в ответственных конструкциях с преднапряженной арматурой даже в присут-

ствии ингибиторов запрещается.

В некоторых случаях пассивирующее действие бетона утрачивается вследствие связывания гидроксида кальция, выделяющегося при гидратации портландцементного клинкера. Это явление характерно для легких бетонов при невысоком содержании цемента и наличии пылевидной составляющей заполнителя, обладающей гидравлической активностью, при использовании в составе цемента и бетона кислых шла-

ков. Очевидно, что с расширением выпуска местных и смешанных вяжущих, развитием энергосберегающих технологий производства вяжущих и бетонов, эксплуатацией железобетонных конструкций в агрессивных средах, увеличением объемов работ в зимних условиях, с необходимостью утилизировать отходы промышленности потребность в добавках-ингибиторах и комплексных добавках на их основе еще более возрастает.

УДК 668.972.162

В. М. МОСКВИН, д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки и техники РСФСР (НИИЖБ)

## Гидрофобизация как средство повышения стойкости бетона

К противокоррозионным мероприятиям, повышающим стойкость железобетонных конструкций, относятся средства первичной и вторичной защиты, включающие всякого рода покрытия, препятствующие непосредственному контакту внешней агрессивной среды с поверхностью бетона. К ним же относится и гидрофобизация: объемная, выполняемая на стадии изготовления бетона и относящаяся к средствам первичной защиты, и поверхностная, выполняемая после изготовления железобетонных изделий или монолитных конструкций и относящаяся к средствам вторичной защиты.

Назначение гидрофобизации в обоих случаях заключается в придании поверхностям, непосредственно соприкасающимся с внешней агрессивной средой, гидрофобных свойств взамен гидрофильных, присущих поверхностям обычного бетона на портландцементе. Гидрофобные свойства препятствуют смачиванию бетона водой и водными растворами, тем самым предотвращают возникновение и развитие процессов коррозии.

При действии агрессивной среды на бетон и развитии процессов приходится иметь дело с водой или водными растворами солей, кислот и щелочей, и условия смачивания поверхности агрессивными растворами имеют большое значение для глубины и скорости деструктивных процессов.

Особенно велика роль условий перемещения агрессивных растворов в

толще бетона для глубины и распространения коррозионных повреждений. Перемещение воды в бетоне возможно за счет градиента гидравлического давления при одностороннем напоре, а также при капиллярном всасывании раствора за счет сил поверхностного натяжения и наличия вогнутого мениска при гидрофильных свойствах поверхностей стенок пор, капилляров и микротрещин. Возможно перемещение воды и паров за счет тепломассопереноса.

Основным хорошо известным средством предупреждения проникания воды и растворов солей является повышение плотности бетона. Для количества перемещаемых растворов важны величины градиента напора, число и размеры пор и капилляров. Это последнее определяет плотность бетона, технической характеристикой которой является марка (В-2, В-4 и т. д.), а также коэффициент фильтрации.

При капиллярном всасывании раствора повышение плотности бетона не снижает и не прекращает проникание водных растворов в его толщу. Единственным способом снижения или исключения капиллярного подсоса от увлажняемой поверхности является придание поверхностям гидрофобных свойств. Силы поверхностного натяжения и образование выпуклого мениска воды в капиллярах не способствуют, а препятствуют прониканию водных растворов в толщу бетона.

Размер переноса влаги за счет теп-

ломассопереноса определяется градиентами температуры и влажности, а также структурой и плотностью бетона, которая играет существенную роль в перемещении растворов. Таким образом, снижение размера (при неполной гидрофобизации) или исключение перемещения воды или водных растворов солей в бетоне при гидрофобизации может рассматриваться как средство повышения стойкости и долговечности бетона.

Эффект повышения стойкости за счет гидрофобизации достигается тогда, когда проникание агрессивных растворов происходит в отсутствие гидравлического напора при периодическом смачивании ими поверхности бетона, а также при капиллярном всасывании растворов от частично погруженной в него части конструкций, например свай, фундаментов, при наличии испаряющей поверхности. При сравнении между собой двух способов гидрофобизации — объемной как средства первичной защиты и поверхностной как средства вторичной защиты — можно отметить, что в принципе их действие как средств для повышения стойкости бетона в жидких агрессивных растворах аналогично, хотя и зависит от вида и свойств гидрофобизатора.

При объемной гидрофобизации специальное вещество вводится в бетонную смесь при ее перемешивании — например, добавка гидрополисилоксана ГКЖ-94, кремнийорганические олигомеры и другие вещества, вступающие во взаимодействие с продуктами гидрирования минералов цемента [1]. Дополнительный эффект получается, если при реакции выделяется газообразный водород, а также при вовлечении в бетонную смесь небольшого количества воздуха, распределенного в виде мелких пузырьков. Образование микропузырьков газа или вовлеченного воздуха способствует созданию микропористой структуры бетона, что вместе с гидрофобизацией капилляров создает

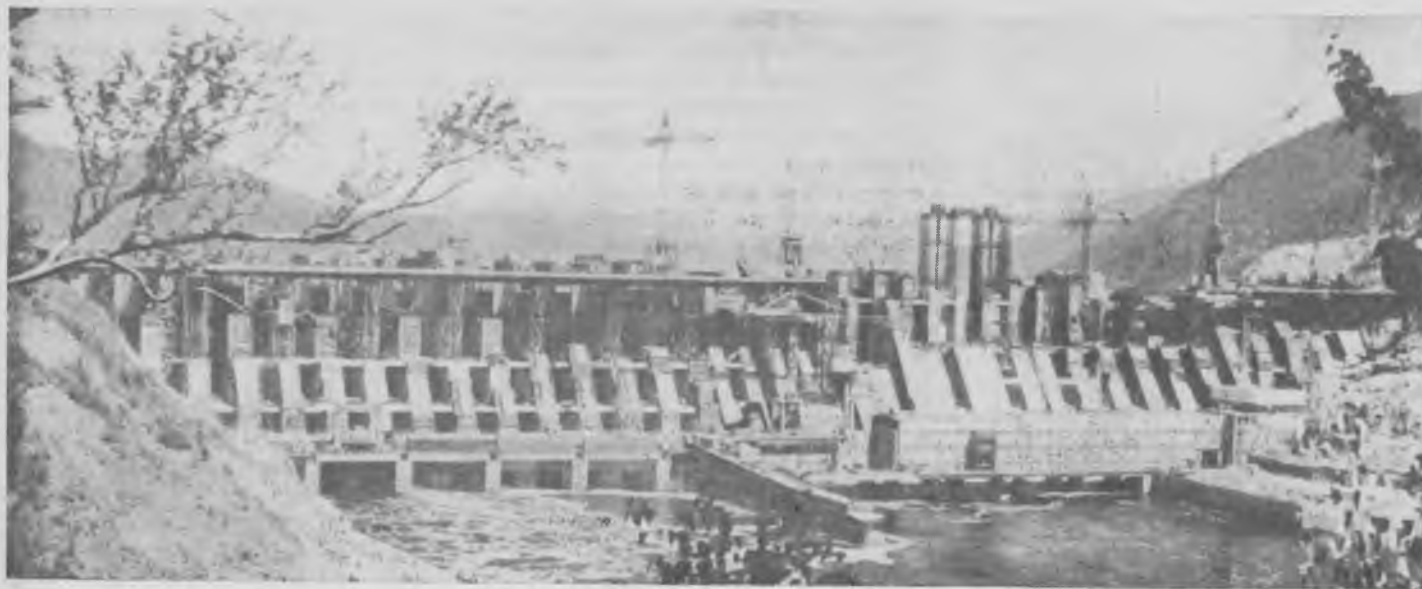


Рис. 1. Панорама Зейской ГЭС

условия для повышения его стойкости.

Исследования, испытания в натуральных условиях и производственное применение на Зейской ГЭС (рис. 1), где было уложено свыше 300 тыс. м<sup>3</sup> бетона, а также на других объектах показали высокую эффективность этого метода.

Гидрофобизация поверхностных слоев бетона достигается их обработкой растворами веществ, которые после впитывания и последующего удаления (испарения) жидкой фазы — растворителя остаются на поверхности пор и капилляров бетона, вступая или не вступая в реакцию с его составными частями, или просто адсорбируются на поверхности, придавая ей гидрофобные свойства.

В качестве растворителя могут быть применены вода или органические растворители — толуол, ксилол, уайт-спирит и др.

Более подробно гидрофобизирующие растворы, их приготовление и свойства описаны в [2]. Общее число гидрофобизаторов велико. Но гидрофобизирующий раствор должен возможно глубже проникать в толщу материала, чтобы гидрофобными свойствами обладала не только внешняя поверхность бетона, но и стенки капилляров и пор внутренних слоев.

Объясняется это требование тем, что при действии солнечной радиации органические гидрофобизаторы сложной структуры теряют свои свойства, вследствие чего поверхность становится гидрофильной и вновь начинает смачиваться водой. В то же время гидрофобные свойства более глубоких слоев бетона сохраняются, так как солнечная радиация не оказывает на них воздействия. Поэтому полезный эффект гид-

рофобизации для конструкций сохраняется на длительное время, в то время как на внешней поверхности бетона, освещаемой солнцем, эффект сравнительно быстро пропадает. Вода и водные растворы, попадающие на поверхность бетонной или железобетонной конструкции, где гидрофобный эффект пропал частично или полностью, не будут впитываться в толщу бетона и не будут оказывать на него вредного действия, не вызывая коррозии бетона и не разрушая бетон при последующем замораживании.

Гидрофобизация как метод повышения стойкости бетона имеет особое значение для возводимых из бетона и железобетона скульптур и мемориалов, подвергающихся действию атмосферных осадков и загрязненной выбросами газов и пыли воздушной среды. Первостепенное значение имеет сохранение формы и фактуры поверхности бетона этих объектов, повреждение их поверхности совершенно недопустимо. Кроме того, в массивных сооружениях такого типа должен быть обеспечен обмен влаги в толще бетона с влагой внешней атмосферы. В капиллярно-пористом материале, каким является бетон, всегда содержится влага в микро- и макрокапиллярах в виде паров воды и адсорбированной воды. Эта система находится в состоянии подвижного равновесия с внешней средой — чем выше ее влажность, тем больше влаги в бетоне, и наоборот.

При повышении температуры среды температура в бетоне остается в течение некоторого (достаточно длительного) времени более низкой, создается градиент теплового потока (от поверхности бетона — к глубинным слоям). Влага в бетоне перемещается вглубь,

повышая его суммарную влажность. При понижении внешней температуры имеют место обратные процессы, перемещение влаги идет к наружной поверхности.

Если поверхность покрыта паронепроницаемым слоем, например краской или плотно прилегающей облицовкой, неизбежно в поверхностных слоях будет происходить накопление воды, при замораживании которой создаются условия для разрушения бетона.

Следовательно, для такого рода сооружений кроме требований к плотности, прочности бетона должно быть выдержано и условие обеспечения равновесия во влажностном состоянии материала и внешней атмосферы. Этому условию отвечает метод гидрофобизации, при котором перемещение жидкости в бетоне от периодически смачиваемой водой поверхности в глубь бетона затрудняется, а возможность свободного обмена влаги между бетоном и наружной средой сохраняется.

Была осуществлена гидрофобизация бетона главного монумента мемориального ансамбля в Волгограде — скульптуры «Родины-матери» с целью повышения его стойкости при действии загрязненных атмосферных осадков.

Высота скульптуры — 54 м, суммарная внешняя поверхность 4,5 тыс. м<sup>2</sup> (рис. 2). Гидрофобизацию бетона производили с помощью 5%-ного раствора полигидросилоксана ГКЖ-94 в толуоле. Все работы были выполнены летом 1972 г. Расход гидрофобизатора составлял 0,5 л на 1 м<sup>2</sup>. За прошедшие 10 лет гидрофобные свойства внешней поверхности скульптуры были утеряны, но слой бетона за внешней поверхностью гидрофобные свойства сохранил. Защитное действие гидрофобиза-



Рис. 2. Скульптура «Родина-мать» памятника-ансамбля героям Сталинградской битвы на Мамаевом кургане в Волгограде

ции затрудняет впитывание дождевой воды. Стоимость работ по гидрофобизации составляла около 1 р. за 1 м<sup>2</sup> (без стоимости лесов).

Гидрофобизация была применена также для обработки поверхности бетона ствола Останкинской телебашни в Москве в 1977—1978 гг. (размер обработанной поверхности составляет

несколько тысяч м<sup>2</sup>); для защиты цементно-песчаной штукатурки памятника архитектуры в Коломенском (рис. 3) в 1977 г.; башни Киевского вокзала в Москве (рис. 4) в 1976 г. и ряда других сооружений.

Можно упомянуть еще и выполненную летом 1982 г. гидрофобизацию облицовки из известняка здания панорамы «Сталинградская битва» в Волгограде, где водным раствором ГКЖ-10 была обработана поверхность 4,8 тыс. м<sup>2</sup>.

Объемную гидрофобизацию осуществили также на бетонных массивах, изготовленных на побережье Кольского залива в 1958 г. В целях повышения морозостойкости бетона в состав его ввели добавку ГКЖ-94 в виде водной эмульсии. Наблюдения в течение 20 лет за состоянием блоков, подвергавшихся действию морской воды соленостью 33 г/л и мороза, показали, что в этих весьма суровых условиях мог существовать лишь бетон, в состав которого был введен гидрофобизатор.

Таким образом, практика подтвердила теоретические и экспериментальные результаты применения гидрофобизатора как средства повышения стойкости и долговечности железобетонных конструкций.

Но было бы неправильно считать гидрофобизацию панацеей от всех бед. Этот метод нельзя использовать для защиты напорных сооружений, где

проникание и движение водных растворов в бетоне происходит за счет градиента гидравлического давления. Не дает он положительного эффекта и при коррозии II вида и в сильно-агрессивной среде, например при действии кислот.

При периодическом смачивании и при коррозии, связанной с капиллярным смачиванием, гидрофобизация дает хороший технико-экономический эффект.

Экономический эффект от применения любого метода первичной и вторичной защиты в конечном счете определяется не размером затрат в период возведения сооружения, а снижением суммарного расхода на выполнение текущих и капитальных ремонтов в период эксплуатации. И здесь метод гидрофобизации имеет определенное преимущество по сравнению с другими средствами защиты (особенно вторичной) по стоимости, простоте выполнения и долговечности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батраков В. Г., Силина Е. С. Коррозионная стойкость бетонов, модифицированных кремнийорганическими олигомерами. Сб. трудов НИИЖБ, 1977, № 2.
2. Москвин В. М., Батраков В. Г., Вершинина О. С. Руководство по защите бетона и других строительных материалов методом гидрофобизации. НИИЖБ Госстроя СССР, ин-т Спецпроектреставрация Министерства культуры РСФСР. М., 1978.
3. Вершинина О. С., Семина Т. Н., Москвин В. М. Реставрация фасадов Киевского вокзала. — Строительство и архитектура Москвы, 1978, № 10.

Рис. 4. Здание Киевского вокзала в Москве

Рис. 3. Памятник архитектуры Коломенское



## Цементы для конструкций повышенной коррозионной стойкости

Развитие гидротехнического строительства, возведение зданий и сооружений в районах с агрессивными грунтовыми водами, необходимость снижения трудоемкости гидроизоляционных и оклеечных работ для сооружений, находящихся под воздействием коррозионных сред, требуют цементов, обеспечивающих долговечность бетона и железобетона в этих условиях. Благодаря исследованиям [1—3] в настоящее время разработаны составы бетонов, стойких в сульфатных, магниезиальных, а также в углекислых и других средах.

Повышенные требования, предъявляемые в настоящее время к качеству и снижению стоимости строительства, вызывают необходимость разработки и широкого применения новых эффективных гидроизоляционных покрытий, а также бетонов высокой плотности и коррозионно-стойких при воздействии агрессивных сред и при постоянном контакте с грунтами или технологическими водами. С этой целью были использованы цементы расширяющиеся и алюминатного и сульфоалюминатного твердения.

**Алюминатные цементы.** Одним из характерных свойств глиноземистого цемента является его повышенная стойкость против многих агрессивных агентов. Это положительное свойство объясняется тем, что гидроокись алюминия, выделяющаяся при гидратации,

обволакивает частицы цемента и гидроалюминатов кальция, предохраняя их от воздействия коррозионной среды. Глиноземистый цемент обладает высокой сульфатостойкостью. Его образцы, погруженные в среду с высоким содержанием сульфатов, даже через 20 лет сохранили высокую прочность без каких-либо внешних признаков разрушения.

Хорошую стойкость глиноземистый цемент обнаруживает и при воздействии минерализованных вод (хлористых соединений). Он устойчив также против действия вод, содержащих угольную кислоту и некоторые органические вещества — сахар, молочную кислоту, яблочную, муравьиную. Однако растворы уксусной кислоты являются агрессивными для глиноземистого цемента. Она опасна уже при концентрации 0,5—1%. Растворы карбонатов щелочей и гидроксидов щелочей разрушают глиноземистый цемент.

Нами изучался процесс гидратации сульфоалюмината кальция  $3\text{CaO} \cdot \text{X} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4$ . Было установлено, что этот процесс протекает довольно интенсивно: уже в первые сроки твердения по степени гидратации (60%) сульфоалюминат кальция приближается к алюминату кальция ( $\text{C}_{12}\text{A}_7$ ). Образовавшиеся в начальный период этрингит, гидроалюминаты кальция  $\text{C}_2\text{AH}_6$  и  $\text{C}_2\text{AH}_8$ , гидроксид алюминия сохраняют-

ся в затвердевшем цементном камне в течение длительного времени. В отличие от  $\text{C}_{12}\text{A}_7$  при гидратации и твердении  $\text{C}_3\text{A}_3\text{CS}$  перекристаллизация гидратных соединений не происходит, прочность цементного камня плавно нарастает во времени. Добавление  $\text{C}_3\text{A}_3\text{CS}$  к  $\text{C}_3\text{S}$  и  $\text{C}_2\text{S}$  интенсифицирует процесс их гидратации, связывая выделяющуюся  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и обуславливая образование низкоосновных гидросиликатов кальция. Прочность цементного камня при гидратации композиции  $\text{C}_3\text{A}_3\text{CS}$  с  $\text{C}_3\text{S}$  и  $\text{C}_2\text{S}$  сравнительно высокая во все сроки твердения. Анализ экспериментальных данных позволил сделать вывод о целесообразности использования клинкера, содержащего в своем составе силикаты кальция наряду с  $\text{C}_3\text{A}_3\text{CS}$ , что послужило основой для разработки технологии получения сульфоалюминатного клинкера и цементов на его основе.

**Сульфоалюминатный цемент.** Для изучения его свойств использовали клинкер, фазовый состав которого был представлен минералами  $\text{C}_{12}\text{A}_7$ ,  $\text{CA}$ ,  $\text{C}_4\text{AF}$ ,  $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{A}_3\text{CS}$ .

Влияние различных условий твердения на прочность цементного камня исследовали на образцах. Как видно из табл. 1, высокая прочность сульфоалюминатного цемента остается при любых условиях твердения.

Высокая прочность образцов воздушного твердения объясняется их большой плотностью, что снижает испарение и миграцию влаги изнутри и обеспечивает гидратацию цемента и рост прочности включительно до 28 сут. При дальнейшем хранении образцов в воздушных условиях прочность остается практически на одном уровне.

Устойчивость против коррозии изучали путем воздействия на образцы агрессивных сред: 1%-ного раствора  $\text{MgSO}_4$ , 5%-ного раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и морской воды (табл. 2).

Как показали исследования, сульфоалюминатный цемент обладает высокой стойкостью против коррозионного действия агрессивных растворов. Коэффициент стойкости образцов через 3 года

Таблица 1

Условия твердения	Прочность при сжатии, МПа, во времени, сут						
	1	3	28	60	90	180	360
Еодное	40	56	70	71	80	92,1	102,0
Воздушное	36	48	70	70	68	68,5	71,5
Комбинированное	36	50	74	71,5	72	83,5	94,7

Таблица 2

Раствор	Твердение, мес							
	2	3	6	12	18	24	30	36
1%-ный $\text{MgSO}_4$	1,2	1,2	1,25	1,15	0,92	0,9	0,8	0,8
5%-ный $\text{Na}_2\text{SO}_4$	1,12	1,15	1,18	1,2	1	0,96	0,96	0,95
Морская вода	1,08	1,06	1,05	1	0,95	0,90	0,86	0,84

твердения в 5%-ном растворе  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  составляет 0,95. При воздействии 1%-ного раствора  $\text{MgSO}_4$  коэффициент стойкости также достаточно высок и через 3 года твердения составляет 0,8. В морской воде коэффициент стойкости равен 0,84.

**Расширяющиеся и напрягающие цементы.** Изучение процессов гидратации сульфоалюмината кальция, формирования структуры твердения цементного камня позволяет считать, что сульфоалюминатный клинкер (САК) является эффективной расширяющейся добавкой при выпуске РЦ и НЦ. Результаты испытания напрягающего цемента по ТУ 21-20-18-74 показали (табл. 3), что РЦ и НЦ на основе САК имеют высокие показатели прочности и самонапряжения.

Коррозионную стойкость расширяющегося и напрягающего цементов изучали в условиях, моделирующих службу бетона в качестве изоляционного слоя при воздействии на него насыщенных растворов  $\text{MgCl}_2$  и  $\text{CaCl}_2$  (сгустители, отстойники и другие сооружения).

Исследование структуры цементного камня из РЦ и НЦ показало, что она характеризуется более высокой плот-

Тип цемента	$\gamma$ , см <sup>2</sup> /г	Прочность, МПа, во времени, сут			Расширение, %, во времени, сут		Самонапряжение, МПа, во времени, сут	
		1	3	28	3	28	3	28
НЦ	4050	29,2	32,6	70	0,7	1,8	3,2	4,4
РЦ	4080	45,6	52,4	77,1	0,32	0,34	1,6	1,8

Таблица 4

Вид цемента	Коэффициент проницаемости		Коэффициент стойкости
	0,5 МПа	1 МПа	
Портландцемент	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	0,74
Расширяющийся	$2 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$	0,93
Напрягающий	$2,15 \cdot 10^{-8}$	$1,75 \cdot 10^{-8}$	0,92

Примечание. Состав раствора: Ц:П=1:2, В/Ц=0,4.

ностью по сравнению с пористостью цементного камня на основе обычного сульфатостойкого портландцемента. Изменяется и соотношение микро- и макропор в цементном камне: число микропор с радиусом от 100 до 1000 Å увеличивается, а макропор ( $r > 10$  мкм)

снижается. Это обеспечивает низкую водопроницаемость (табл. 4) и высокую коррозионную стойкость бетона на основе расширяющегося и напрягающего цементов в растворе  $\text{MgCl}_2$  с содержанием 4000 мг/л ионов магния.

Таким образом, цементы из  $3\text{CaO} \cdot \text{X} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4$ , а также его смеси с портландцементом представляют собой новый класс и могут применяться для получения бетонов высокой коррозионной стойкости в сульфатных и магниевых средах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кинд В. В. Коррозия цементов и бетона в гидротехнических сооружениях. М., Стройиздат, 1955.
2. Москвин В. М. Коррозия бетона. М., Стройиздат, 1952.
3. Иванов Ф. М. Защита железобетонных транспортных сооружений от коррозии. М., Транспорт, 1968.

УДК 691.544:666.943

И. А. КРЫЖАНОВСКАЯ, Ю. Л. ГАЛЬЧИНЕЦКАЯ, Э. Е. КИРЯЕВА, кандидаты техн. наук; Л. А. БАТАЛИНА, инж. (Южгипроцемент); М. И. МУШТАКОВ, канд. техн. наук (Челябинский политехнический ин-т); М. И. СУББОТКИН, канд. техн. наук; А. И. ВОЛКОВА, инж. (НИИЖБ)

## Сульфатостойкие шлакопортландцементы

Производство сульфатостойкого портландцемента составляет в настоящее время примерно 1% всего объема цемента, выпускаемого в стране. Известно, что введение в состав портландцемента доменных гранулированных и некоторых других шлаков повышает его сульфатостойкость.

Исследования прошлых лет и практика строительства свидетельствуют о более высокой коррозионной стойкости шлакопортландцементов, даже рядовых по сравнению с обычными портландцементами.

Шлакопортландцементы производятся на 49 цементных заводах, общий объем составил в 1980 г. 31,643 млн. т, т. е. 25,6% выпускаемого цемента.

10 заводов производят сульфатостойкий шлакопортландцемент по ГОСТ 22266—76, в 1981 г. его выпуск достиг 2,405 млн. т.

Исследованиями НИИЖБ, Южгипроцемента Ростовского Промстройинститута, Челябинского политехнического института и строительной практикой уточнены требования к шлакам и клинкерам сульфатостойкого шлакопортландцемента, что позволило значительно расширить ассортимент цементов, которые можно отнести к сульфатостойким.

Сульфатостойкость шлакопортландцементов зависит не только от минералогического состава портландцементного клинкера, но и от состава шлака, в особенности от содержания в нем глинозе-

ма. Наиболее сульфатостойкими являются шлакопортландцементы, в состав которых входят шлаки с низким содержанием  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , например шлаки электротермического производства фосфора. Они широко применяются в качестве активной минеральной добавки при производстве портландцемента и шлакопортландцемента на цементных заводах Средней Азии.

ГОСТ 22266—76 ограничивает содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в шлаках, идущих на производство сульфатостойких шлакопортландцементов, 12% при максимальном содержании  $\text{C}_3\text{A}$  в портландцементном клинкере 8%.

Авторами изучено влияние на сульфатостойкость цементов состава клинкера

и шлаков, их соотношения в цементе, количества гипса, тонкости помола, химического состава агрессивной среды. Установлено, что с увеличением количества шлака коррозионная стойкость цементов повышается, однако при введении более 40% шлака значительно снижаются проницаемость, морозостойкость, атмосферостойкость.

Исследования свидетельствуют о высокой сульфатостойкости шлакопортландцементов как на основе шлаков электротермического производства фосфора, так и на гранулированных доменных шлаках при содержании в них  $Al_2O_3$  не более 12%. Оксид алюминия, входящий в состав шлакового стекла, несравненно менее активно взаимодействует с сульфатами, чем  $C_3A$  клинкера, что и позволяет допускать довольно высокое его содержание в шлаках, идущих на производство сульфатостойкого шлакопортландцемента.

В шлакопортландцементе, твердеющем в сульфатных растворах, образуется меньше гидросульфалоюминатов кальция, чем в портландцементе, что уменьшает напряжения и повышает плотность цементного камня. Этому способствует также замедленное образование в твердеющем шлакопортландцементе гидросиликатов. Повышение тонкости помола сульфатостойкого шлакопортландцемента с 3000 до 4000—4500  $cm^2/g$  практически не отражается на коэффициенте стойкости. Дальнейшее повышение тонкости помола оказывает благоприятное действие, однако экономически нецелесообразно.

Оптимальное количество гипса в сульфатостойком шлакопортландцементе зависит от свойств используемого клинкера и шлака и увеличивается с повышением алюминийсодержащих соединений, но находится в пределах, рекомендованных ГОСТ 22266—76, т. е. не превышает 3,5% в расчете на  $SO_3$ . Более того, введение в состав бетонной смеси растворов сульфатов резко снижает коррозионную стойкость (сульфатостойкость) затвердевших бетонов.

Изучение бетонов осуществил НИИЖБ совместно с Южгипроцементом и Челябинским политехническим институтом. При этом наряду с исследованиями коррозионной стойкости большое внимание было уделено определению морозостойкости образцов, поскольку этот показатель является решающим при установ-

лении области применения вяжущего. Бетоны на сульфатостойких шлакопортландцементах нормального твердения выдерживают 200—300 циклов попеременного замораживания и оттаивания, а подвергнутые тепловлажностной обработке — 100—200 циклов. Введение поверхностно-активных добавок существенно повышает морозостойкость бетона. Лучшие результаты оказались при использовании СДБ, СНВ, комбинации СДБ и СНВ, НЧК. Применение НЧК увеличило морозостойкость бетонов до 500 циклов.

Коррозионную стойкость бетонных образцов изучали также на приливо-отливном стенде НИИЖБ в Североморске. Зимой образцы в течение суток переносили двукратное замораживание и оттаивание, а летом — высыхание и насыщение морской водой. В течение года образцы подвергались примерно 300 циклам замораживания и оттаивания и 400 циклам высыхания и насыщения. Содержание солей в воде Кольского залива — 34 мг/л, минимальная температура — 37°C. Определение потери прочности образцов после испытаний на приливо-отливном стенде показало, что при твердении в нормальных условиях потеря прочности сульфатостойкого шлакопортландцемента и портландцемента одинакова. У пропаренных образцов процент потери прочности у сульфатостойкого шлакопортландцемента несколько выше.

Бетоны на сульфатостойком шлакопортландцементе в натуральных условиях применили на строительных объектах в республиках Средней Азии, где почвенные воды отличаются высокой агрессивностью (содержание иона  $SO_4^{2-}$  часто превышает 9000 мг/л). При этом для сопоставления готовили бетон на сульфатостойком портландцементе и шлакопортландцементе при одинаковом расходе цемента на 1  $m^3$  бетона.

В ходе экспериментов изготовили железобетонные конструкции для работы при постоянном погружении в агрессивную среду и при переменном уровне. Наблюдения за состоянием конструкций в течение десяти лет свидетельствуют об отсутствии дефектов и разрушений. Испытания контрольных образцов характеризовались совпадением прочностных показателей сульфатостойкого шлакопортландцемента и портландцемента.

Бетон облицовки канала Голодной

степи подвергался воздействию температур от —10 до +45°C. В начале эксплуатации воду в канал подавали периодически, что создавало условия для усиленного подсоса агрессивных почвенных вод в облицовку канала. Шестилетними наблюдениями установлено, что облицовка канала из бетона на сульфатостойком шлакопортландцементе не имеет разрушений и ничем не отличается от облицовки из бетона на сульфатостойком портландцементе.

На основании проведенных исследований разработаны технические условия на этот вид цемента, которые вошли в ГОСТ 22266—76. С 01.01.83 введено изменение № 1 к этому ГОСТу, расширяющее диапазон составов используемых шлаков. ГОСТ 22266—76 разрешает применять для производства сульфатостойкого шлакопортландцемента гранулированные доменные и электротермофосфорные шлаки, содержащие не более 12%  $Al_2O_3$ , и портландцементный клинкер, содержащий не более 8% трехкальциевого алюмината. Регламентируется соотношение между количеством шлака и клинкера в зависимости от химико-минералогического состава. ГОСТ допускает использовать сульфатостойкий шлакопортландцемент для бетонов, к которым предъявляются требования коррозионной стойкости при действии агрессивных сред. При одновременном систематическом попеременном замораживании и оттаивании или увлажнении и высыхании разрешается применять сульфатостойкий шлакопортландцемент марки 400 при введении в состав цемента или бетона поверхностно-активных добавок СДБ, СНВ, НЧК, ГКЖ.

НИИЖБ совместно с Южгипроцементом и Челябинским политехническим институтом разработаны рекомендации по использованию бетонов на сульфатостойком шлакопортландцементе в условиях сульфатной агрессии, допускающие эксплуатацию в подземных и подводных конструкциях, а также в условиях переменного увлажнения, высыхания и замораживания.

Сульфатостойкие шлакопортландцементы широко применяются на стройках УзССР, ТССР, МССР и в других районах нашей страны. Объем выпуска бетона на сульфатостойком шлакопортландцементе в данных районах составляет примерно 200 тыс.  $m^3$ .

## Классификация и оценка агрессивности органических сред

Анализом обследования 36 предприятий химической и нефтехимической промышленности установлено, что одной из основных причин интенсивной коррозии бетонных и железобетонных конструкций является действие на них органических агрессивных сред. В то же время в СНиП II-28-73\* органические агрессивные среды отражены явно недостаточно. Отсутствие научно обоснованных данных об агрессивности органических веществ по отношению к бетону часто является причиной необоснованных проектных решений по защите строительных конструкций от коррозии, приводящих к преждевременному износу производственных зданий и сооружений многих предприятий органического синтеза. Непрерывное совершенствование технологических процессов на этих предприятиях приводит к тому, что перечень органических веществ, которые следует рассматривать как реальные агрессивные среды, постоянно расширяется (в настоящее время он содержит более 60 наименований).

Очевидно, что проблема изучения стойкости бетона в органических агрессивных средах требует комплексного методологического подхода, на начальном этапе реализации которого разработана классификация органических веществ по механизму их коррозионного действия на цементные капиллярно-пористые материалы.

Органические агрессивные среды распределены по трем группам: А — соединения, не растворимые в воде и не вступающие в химическое взаимодействие с цементным камнем; Б — соединения, растворимые в воде, не вступающие в химическое взаимодействие с цементным камнем; В — соединения, способные вступать в химическое взаимодействие с цементным камнем.

В основу классификации положены наиболее важные критерии: отношение органических веществ к воде и их способность вступать в химическое взаимодействие с цементным камнем. Эти факторы во многом предопределяют механизм их воздействия на бетон и, следовательно, их коррозионную активность.

Большинство веществ группы А — органические жидкости с низкой температурой замерзания, обладающие сравнительно слабой агрессивностью по отношению к бетону, ослабление которого под их воздействием определяется проникающей способностью, характером ад-

сорбции на поверхности цементного камня, смачивающей способностью и капиллярными эффектами. При проведении сравнительных коррозионных испытаний установлено, что степень агрессивности этих веществ можно с достаточным основанием оценивать, используя справочные данные по их поверхностному натяжению, вязкости, летучести, величине молекул, полярности. При прочих равных условиях коррозионная активность большинства веществ этой группы возрастает с увеличением степени их адсорбции на поверхности цементного камня.

Механизм коррозионного действия веществ группы Б обусловлен их агрегатным состоянием. Агрессивность жидкостей этой группы зависит от их вязкости, характера адсорбции на поверхности цементного камня, способности обезвоживать капиллярно-пористые материалы. Смеси многих из них с водой значительно ускоряют разрушение бетона при низких температурах. Наиболее важным свойством, определяющим агрессивность твердых веществ группы Б, является растворимость в воде. Существенную опасность для бетона представляют водные растворы этих веществ при переменных воздействиях и в условиях капиллярного подсоса при наличии испаряющей поверхности.

Механизм коррозионного действия на бетон и химическая активность по отношению к цементным материалам веществ группы В могут быть весьма разнообразными. Возможны как элементарные обменные реакции, итог которых можно достаточно точно предсказать теоретически, так и сложнейшие многоэтапные превращения с самыми неожиданными результатами. Скорости этих взаимодействий могут меняться в широких пределах и часто зависят от факторов, характерных для органических систем.

Агрессивность веществ группы В зависит от кислотности, степени диссоциации, растворимости в воде, скорости гидrolитического разложения, а также от агрегатного состояния, растворимости и других свойств продуктов их взаимо-

Среда	Степень агрессивного воздействия при плотности бетона		
	нормальной	повышенной	особой
<b>Группа А</b>			
Предельные углеводороды	0/0	0/0	0/0
Спирты одноатомные, водонерастворимые	0/1	0/1	0/0
Ароматические углеводороды	0/1	0/0	0/0
Хлорбутадиеи	3/3	3/3	2/2
Стирол	1/1	1/1	0/0
<b>Группа Б</b>			
Спирты одноатомные водорастворимые	1/1	0/1	0/0
Спирты многоатомные	2/3	2/3	1/2
Кетоны водорастворимые	1/1	0/1	0/0
Карбамид (водные растворы с концентрацией 50—150 г/л)	1/1	1/1	0/1
То же, >150 г/л	2/2	2/2	1/2
Дициандиамида (водные растворы с концентрацией >10 г/л)	1/1	1/1	0/1
Меламин (насыщенный водный раствор)	0/1	0/0	0/0
<b>Группа В</b>			
Кислоты с растворимостью в воде >15 г/л (концентрация >0,5 г/л)	3/3	3/3	3/3
Кислоты с растворимостью в воде 1—15 г/л (насыщенные водные растворы)	2/2	2/2	2/2
Кислоты водонерастворимые, жидкие	2/3	2/2	1/2
Диметилформамид (водные растворы с концентрацией 20—50 г/л)	2/2	1/2	1/1
То же, >50 г/л	3/3	2/3	2/2
Фенол (водные растворы с концентрацией >10 г/л)	2/2	2/2	2/2
Фенол кристаллический	3/3	3/3	3/3
Формальдегид (водные растворы с концентрацией 20—50 г/л)	1/1	1/1	0/1
То же, >50 г/л	2/2	2/2	1/2
Дихлорбутен	2/3	2/2	2/2

Примечания. 1. Среда: 0 — неагрессивная; 1 — слабоагрессивная; 2 — среднеагрессивная; 3 — сильноагрессивная.

2. Перед чертой — при малой и средней интенсивности воздействия; после черты — при высокой интенсивности воздействия и постоянном контакте.

действия с цементными минералами. Большинство веществ этой группы относится к весьма сильным агрессивным средам.

Таким образом, использование классификации позволяет выбирать наиболее целесообразные методы исследования стойкости бетона в новых органических агрессивных средах и в некоторых случаях прогнозировать стойкость бетона,

проанализировав физико-химические свойства.

На основании закономерностей, вытекающих из классификации, исследована стойкость бетона в некоторых органических агрессивных средах, наиболее широко распространенных на химических и нефтехимических предприятиях, и оценена их коррозионная активность (см. таблицу). Результаты свидетельствуют

о практической целесообразности разработанной классификации, которая заключается в том, что вещества каждой группы характеризуются соответствующими пределами агрессивности: к группе А, за редким исключением, относятся вещества неагрессивные или слабоагрессивные, к группе Б — слабо- и среднеагрессивные, к группе В — средне- и сильноагрессивные.

УДК 624.014.2:620.197

В. Я. ФЛАКС, канд. техн. наук (Харьковский Промстройинипроект);  
А. М. ПОДВАЛЬНЫЙ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

## Антикоррозионная защита стальных соединений в сборном железобетоне

В соответствии со СНиП П-28-73\* долговечность стальных соединений сборных железобетонных конструкций обеспечивается в основном цинковыми или алюминиевыми покрытиями. Однако дефицитность цинка и алюминиевой проволоки, значительный объем производства закладных деталей (около 1 млн. т в год), трудоемкость нанесения покрытий и др. вызывают необходимость сокращения области их применения без ущерба для долговечности сооружения. Один из путей решения этой задачи заключается в дальнейшей дифференциации системы обеспечения долговечности соединений, комплексно учитывающей конструктивные, эксплуатационные и коррозионные показатели. Дифференциацию стальных соединений как объекта антикоррозионной защиты можно осуществить с учетом их ответственности, опасности коррозионного износа и ремонтпригодности.

Ответственность соединения определяется его ролью в обеспечении надежности сооружения в процессе эксплуатации. По этому показателю соединения делятся на три категории. К первой относятся узловые соединения, необходимые в течение всего срока эксплуатации сооружения, причем выход из строя хотя бы одного узла может привести к аварийному состоянию конструкций или к ремонтным работам, нарушающим технологический процесс производства. Вторая категория включает соединения, также работающие в течение всего срока эксплуатации соору-

жения, но выход из строя малого числа узлов в этом случае не приводит к указанным последствиям. К третьей категории относятся соединения, необходимые только во время монтажа или в начальной стадии эксплуатации.

Опасность коррозионного износа характеризуется сроком службы соединения до наступления предельного состояния по несущей способности в результате развития коррозии. При этом целесообразно выделить три степени опасности коррозионного износа соединений (1к, 2к, 3к), приняв сроки службы равными соответственно 25, 25—60 и более 60 лет.

Ремонтпригодность определяется доступностью поверхностей элементов соединения в процессе эксплуатации для восстановления покрытий, не считая при этом тыльной (обращенной к бетону) поверхности закладных деталей, которая обычно недоступна. По этому показателю все соединения делятся на 3 класса (А, Б, В). Узловые соединения, у которых лицевые поверхности закладных деталей и монтажные сварные швы недоступны для восстановления покрытий, относятся к классу А. В класс Б входят соединения, у которых часть поверхностей доступна для повторной защиты. В класс В попадают соединения, все лицевые поверхности элементов которых доступны для восстановления покрытий.

Хотя точный учет степени ответственности узла требует вероятностного подхода (это особенно относится к уз-

лам второй категории), в качестве первого приближения можно использовать и детерминированный подход. Принципиальных затруднений такая оценка обычно не вызывает. По предложению ЦНИИЭП жилища и НИИЖБ снята специальная антикоррозионная защита стальных соединений в стыках наружных стеновых панелей в домах серий 90 и 121 с малым шагом поперечных несущих стен. Эти соединения относятся к третьей категории ответственности. Для них характерна вторая степень опасности коррозионного износа, а для стальных связей, соединяющих панели наружных стен с перекрытиями, — третья степень. Это решение распространено также на дома типа «Арктика» ГПКТИ Индустройпроекта.

Класс ремонтпригодности устанавливается анализом проектных решений. Более сложна оценка степени опасности коррозионного износа (комплексная характеристика среды и конструкции), зависящая от кинетики коррозии, размера и формы сечения стальных элементов, уровня напряженного состояния и др. Она позволяет ввести новые критерии при выборе защитного покрытия. Так, для степени 1к в агрессивной среде защита должна быть обеспечена на весь срок службы сооружения, а для степени 3к такая необходимость практически отсутствует.

Возможность назначения некоторой величины коррозионного износа на стадии проектирования связана с тем, что элементы узлового соединения не равнопрочные и не равноустойчивые. В то время как сечение анкера является расчетной величиной, толщину пластины нередко назначают, исходя из технологических (например, по условиям сварки) и конструктивных соображений. При сравнении требований некоторых норм и стандартов установлено, что при эксплуатации нередко существует запас толщины пластины в пределах  $0,1d$  ( $d$  — диаметр анкера) или 1—1,5 мм. Иногда такой



запас образуется вследствие высоких монтажных нагрузок.

Другой аспект рассматриваемой проблемы заключается в допущении в особых случаях коррозионного износа в виде так называемого «припуска на коррозию», в настоящее время запрещенного некоторыми нормами. Такое решение можно принимать на основе серьезных технико-экономических обоснований. Факт наличия корродирующих конструкций свидетельствует о реальности проблемы. Использование низколегированных сталей (10ХНДП) — также своеобразная форма «припуска на коррозию». Для оценки степени опасности коррозионного износа необходимо знать кинетику коррозии элементов в узлах сопряжений. В настоящее время накоплены некоторые данные об их состоянии в зданиях и сооружениях различного назначения [1—5]. Их анализ свидетельствует о том, что средняя скорость коррозии незащищенной малоуглеродистой стали в рассматриваемых узлах изменяется от 0,025 до 0,3 мм/год в зависимости от условий и продолжительности эксплуатации, конструкции стыка и т. д. Со временем отмечается торможение коррозии, связанное с уменьшением влажности материала стыка (особенно в панельных жилых зданиях) и защитными свойствами продуктов коррозии стали.

Прослеживается зависимость между коррозией стальных связей и стальных конструкций. Так, элементы связей в стыках внутри наружных ограждений могут быть ориентировочно приравнены к стальным конструкциям, расположенным на открытом воздухе, а находящиеся в стыках внутри помещений — к стальным конструкциям соответственно внутри отапливаемых или неотопливаемых помещений. Элементы связей на внутренней поверхности наружных ограждений в зависимости от условий эксплуатации (герметичности стыка, наличия мостиков холода и т. д.) можно отнести к стальным конструкциям, расположенным или на открытом воздухе, или внутри помещений. Это оправдывает оценку степени агрессивного воздействия среды по отношению к стальным соединениям железобетонных конструкций по нормам для стальных конструкций и позволяет привлечь многочисленные сведения об их кинетике коррозии для прогноза долговечности закладных и соединительных деталей.

На основе статистического анализа коррозионного состояния стальных соединений в зданиях предприятий черной металлургии и сельскохозяйственного машиностроения и результатов 7-летних натурных испытаний [4] установлено, что

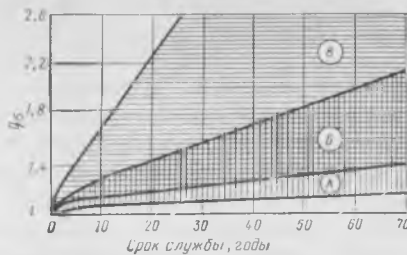


Рис. 1. Изменение  $q_{\sigma}$  во времени для анкеров круглого сечения диаметром 4—8 мм в неагрессивной (А) и слабоагрессивной при  $k=0,15$  (Б) и  $k=0,3$  (В) средах (большие значения  $q_{\sigma}$  соответствуют меньшему диаметру анкеров)

для описания кинетики равномерного коррозионного износа стальных соединений применима степенная функция

$$h_k = k\sqrt{\tau},$$

где  $h_k$  — глубина проникновения коррозии, мм;  $k$  — эмпирический коэффициент;  $\tau$  — срок службы сооружения, годы.

Значения  $k$ , определенные с доверительной вероятностью 0,95, оказались равными для неагрессивных сред 0,075, для различных слабоагрессивных сред — 0,15—0,3; ориентировочное значение для среднеагрессивной среды 0,5. Рост напряжений, например, в элементе связи круглого сечения (в анкере или арматурном выпуске) подсчитывается по формуле  $q_{\sigma} = \frac{r^2}{(r-h_k)^2}$  ( $r$  — начальный радиус сечения). Подобная зависимость существует и для связей прямоугольного сечения (например, соединительных деталей). На рис. 1, 2 приведены графики роста напряжений в связях в зависимости от формы и сечения элемента и агрессивной среды.

Предлагаемая методика проверена на каркасно-панельных зданиях предприятий черной металлургии и машиностроения с неагрессивными и слабоагрессивными

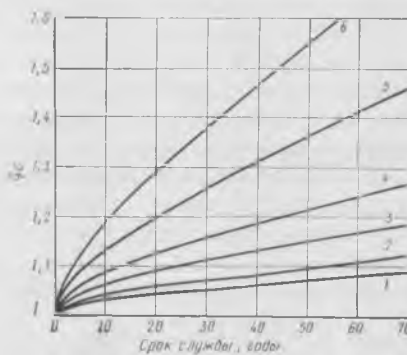


Рис. 2. Изменение  $q_{\sigma}$  во времени для соединительных элементов прямоугольного сечения с исходной толщиной 6 (2, 4, 6) и 8 (1, 3, 5) мм при одностороннем (1, 2) и двустороннем (3—6) коррозионном износе в неагрессивной (1—4) и слабоагрессивной при  $k=0,15$  (5, 6) средах

средами. Расчетный срок службы сооружения принимали равным 50 годам. Предполагалась одинаковая интенсивность протекания коррозионного износа на обеих сторонах поверхности пластин, а также коррозия анкеров в месте крепления их к тыльной стороне пластины. Допускаемое ослабление сечения элементов в результате коррозии принимали не более 15%. Последовательно рассматривали ответственность, опасность коррозионного износа и ремонтпригодность элементов соединений.

Из девяти основных узлов в двух не требовалась защита независимо от агрессивности среды, поскольку они относятся к третьей категории ответственности. В неагрессивной среде не нуждались в защите еще четыре узла, имеющие третью степень опасности коррозионного износа. В слабоагрессивной среде семь узлов имеют вторую степень опасности коррозионного износа; в течение 20—25 лет их защита может обеспечиваться стойкими лакокрасочными покрытиями.

В настоящее время защита от коррозии осуществляется, как правило, в два этапа: на заводе-изготовителе и при монтаже. На втором этапе защищаются поверхности монтажных сварных швов и восстанавливаются разрушенные сваркой участки заводской защиты. Такая технология позволяет в заводских условиях наносить металлизационные покрытия на тыльную сторону пластины и анкер, являющийся расчетным элементом соединения. Лицевую сторону пластины в зависимости от опасности коррозионного износа и ремонтпригодности можно не защищать или использовать только лакокрасочные покрытия. При этом в 2 раза уменьшаются расход цинка или алюминия, трудозатраты на защиту, повышается качество сварных соединений и условия труда сварщиков. Протекание коррозии только с одной стороны пластины и возможность задержки ее начала при использовании лакокрасочного покрытия даже при нулевой ремонтпригодности соединений класса А позволяют существенно уменьшить реальную опасность коррозии. У многих узлов при этом снижается степень опасности коррозионного износа, что в целом определяет широкую область применения рассматриваемого приема защиты.

При одностадийной защите можно исключить коррозию на тыльной стороне детали, надежно защитив границу между лицевой поверхностью стальной пластины и бетоном, где обычно существуют неплотности, щели. С этой целью следует наносить эластичные, трещиностойкие, обладающие хорошей адгезией к стали и бетону долговечные покрытия. При одностадийной защите не имеют значения

такие свойства покрытий, как сохранность в среде твердеющего бетона и при монтажной сварке, отсутствие отрицательного влияния на качество сварного шва. Это позволяет осуществлять антикоррозионную защиту на основе консистентных смазок, мастик, герметиков, трещиностойких лакокрасочных покрытий.

Изложенный подход можно применять также при реконструкции промзданий. Необходимость в этом возникает в связи с отсутствием или разрушением покрытий или при изменении условий эксплуатации. Предлагаемый подход тре-

бует конкретных проработок, дополнительных исследований и проведения обследований. Его преимущества представляются достаточно значительными. По существу, речь идет о расчете антикоррозионной защиты стальных соединений, в явном виде учитывающем как коррозионные, так и механические характеристики конструкции. Использование расчетных методов остро ставит проблему назначения расчетной долговечности зданий и сооружений, исходного показателя, степень дифференциации которого в настоящее время нельзя считать удовлетворительной.

УДК 624.191.725:69.059.4

Т. Г. ЧИТАИШВИЛИ, инж. (Ин-т горной механики АН ГССР)

## Повышение долговечности подземных бетонных сооружений

В зависимости от условий работы сооружений перенос агрессивных веществ в бетоне подземных тоннельных конструкций осуществляется фильтрационным, диффузионным и капиллярным потоками.

Степень перерождения бетона, находящегося в агрессивной среде, может быть выражена или количеством агрессивного компонента, вступившего в химическое взаимодействие с цементным камнем, или количеством растворенных и вынесенных из него компонентов.

Основными параметрами, определяющими величину потока агрессивного вещества, являются градиент концентрации агрессивного вещества в окружающей среде и проницаемость бетона для водных растворов этого вещества.

С целью установления закономерностей кинетики коррозионных процессов бетона в жидких агрессивных средах и степени изменения прочности в результате коррозии, а также прогнозирования долговечности сооружений исследовали бетон тоннельных сооружений Тбилисского метрополитена. При этом испытывали керны, выбуренные из бетонной обделки, эксплуатирующейся 13—17 лет. По химическому составу воды относятся в основном к сульфатно-кальциево-натриевым ( $M=1,8...2,6$  г/л), сульфатно-кальциево-магниевым ( $M=1,8...3,2$  г/л), сульфатно-натриево-кальциевым ( $M=$

$=4,2...4,7$  г/л), хлоридно-натриево-кальциевым ( $M=4,2...4,7$  г/л). Наличие сульфатов по трассе колеблется от 0 до 3000 мг/л, а на некоторых участках достигает 20 тыс. мг/л. Содержание хлор-иона не превышает 100—160 мг/л. Проектная марка бетона перегонных тоннелей Тбилисского метрополитена 200. Расход компонентов на 1 м<sup>3</sup> бетона следующий: каспский пуццолановый портландцемент — 450, песок — 540, щебень — 1180, вода — 190 кг.

Для установления зависимости между кинетикой изменения прочности бетона и параметрами агрессивной среды исследовали физико-механические и физико-химические свойства выбуренных кернов. Экспериментальные результаты обрабатывали способами регрессии, многофакторного анализа и методом Чебышева.

После корреляционного анализа определяли зависимость между прочностью бетона, содержанием сульфат-ионов и дебитом воды.

Для бетона в возрасте 15 лет

$$R_{сж} = 22,2 - 4,4 SO_4^{2-} - 1,7 \cdot 10^3 q.$$

При многофакторном методе после корреляционного анализа отбросили параметры, имеющие нулевую или минимальную корреляцию с выходным параметром  $R_{сж}$ . Для бетона в возрасте 13 лет прочность в зависимости от парамет-

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подвальный А. М., Флакс В. Я. Защита стальных связей сборных железобетонных конструкций от коррозии. — Промышленное строительство, 1978, № 8.
2. Подвальный А. М., Алексеев С. Н., Волков Ю. Б. Коррозия и защита стальных связей в крупнопанельных жилых и гражданских зданиях. — Бетон и железобетон, 1967, № 8.
3. Савченко-Бельский В. Г., Хижикис Е. Г. Коррозия металлических связей в стыках панельных домов. — В кн.: Наука и техника в городском хозяйстве, вып. 8. Киев, Будівельник, 1967.
4. Заславский И. Н., Флакс В. Я., Чернявский В. Л. Долговечность зданий и сооружений предприятий черной металлургии. М., Стройиздат, 1979.
5. Силаенков Е. С., Плаксина Т. М. Коррозия креплений стеновых панелей промышленных зданий из ячеистого бетона. — Промышленное строительство, 1982, № 1.

ров агрессивной среды выражается уравнением

$$y = 48,9 - 214,5 x_1 - 0,12 x_2 - 0,14 x_6 - 0,04 x_8.$$

Для бетона в возрасте 17 лет

$$y = 39,3 - 143,5 x_1 - 0,11 x_2 - 0,09 x_6 - 0,01 x_8,$$

где  $y$  — прочность бетона;  $x_1$  — дебит воды;  $x_2$  — сульфат-ион;  $x_6$  — ионы кальция;  $x_8$  — сумма щелочей.

Были взяты первые три уравнения (гиперболическое приближение) способа Чебышева и получена зависимость

$$R_{сж} = 19,9 + 5,6 x_6 + 706,5 x_2 - 1132 x_6 x_2.$$

Изменение прочности по глубине обделки осуществляли с использованием метода определения механических свойств образца вдавливанием плоского цилиндрического штампа на приборе УМГП-3. При этом устанавливали условный предел текучести растворной части бетона и твердость заполнителя. Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что ухудшение механических свойств бетонной крепи, находящейся в сульфатной среде, в основном происходит от наружной стороны внутрь обделки тоннеля.

В результате химического анализа обнаружено, что содержание  $SO_3$  в пробах растворной части в 2—3 раза выше, чем у эталонного образца. Перерождение цементного камня в сульфатной среде подтверждается также физико-химическими исследованиями, в частности данными дифференциально-термического и рентгенофазового анализов, а также с помощью электронной микроскопии.

Образование трехсульфатной модификации гидросульфатоалюмината кальция отмечается на кривых дифференциально-термического анализа, где наряду с эф-

фектом гипса при температуре 135—145°C появился эффект, соответствующий гидросульфалоюминату кальция в пределах 120—170°C.

Рентгенофазовым анализом установлено наличие моносulfатной модификации гидросульфалоюмината кальция. Есть основание полагать, что произошел переход трехсульфатной модификации в моносulfатную. С помощью электронного микроскопа удалось определить наличие большого числа кристаллов гидросульфалоюмината кальция. Это подтверждается также показателем светопреломления и составляет для этрингита  $n = 1,465$ ,  $q = 1,462$ ; для моносulfатной модификации  $n = 1,504$ ,  $q = 1,488$ .

При высоких концентрациях  $SO_4^{2-}$  в воде (5000—20 000 мг/л) в результате перерождения бетона образовалось большое количество гипса и меньшее гидросульфалоюмината.

Исследование коррозии рассмотренных бетонных конструкций тоннельных сооружений свидетельствует о том, что ее интенсивность зависит не только от агрессивности среды и структуры бетона, но и от интенсивности испарения с поверхности бетона. Коррозия бетона со стороны поверхности испарения отмечается на тех участках, где содержание сульфат-ионов в воде не превышает 500 мг/л, например около калориферов и вентиляторов. В этих случаях снижение прочности бетона происходит с внутренней стороны тоннеля, что является весьма опасным с точки зрения стойкости конструкции, поскольку внутренний контур бетонной крепи в основном находится в растянутой зоне. Все это указывает на то, что в бетонных тоннельных сооружениях, с поверхности которых про-

исходит интенсивное испарение, слабоагрессивные воды становятся для бетона сильноагрессивными.

В зависимости от требований к влажности внутри объема, ограждаемого конструкциями подземных сооружений, к ним могут предъявляться различные требования по степени водонепроницаемости. Вследствие разности коэффициентов фильтрации грунта и бетона при наличии заобделочных пустот в локальных местах могут образовываться водяные «мешки», увеличивающие обводненность подземных сооружений. Поэтому заполнение заобделочных пустот и трещин, прилегающих к обделке пород, коррозионно-стойким и водонепроницаемым раствором — эффективный способ защиты тоннельных обделок от коррозии.

С целью подбора коррозионно-стойких и водонепроницаемых тампонажных растворов с необходимой растекаемостью и сроками схватывания в Институте горной механики исследованы цементы, выпускаемые в СССР. В качестве добавок использовали бентонитовые глины, водный экстракт чайных отходов, ССБ, формалин, каустическую соду, полиакриламид, кальцинированную соду и их комбинации.

Экспериментально установлено, что цементные, глинисто-цементные и глинистые растворы являются релаксирующими средами. Анализ результатов показал, что эти растворы характеризуются запаздыванием релаксации и предельными напряжениями сдвига, существенно зависящими от времени выдерживания и состава раствора.

Для успешного нагнетания с использованием релаксационных свойств там-

понажных глинисто-цементных растворов с комбинированными добавками впервые предложена периодическая подача раствора в заобделочное пространство. Это позволяет раствору полнее проявить релаксационные свойства. Кроме того, увеличился суммарный объем нагнетаемого раствора и, следовательно, повысилось качество цементирования вследствие лучшего заполнения макро- и микротрещин тампонажным раствором.

Установлено, что глинисто-цементный раствор на основе пуццоланового портландцемента и шлакопортландцемента с добавками ПАА, ССБ и  $Na_2SO_4$  наиболее эффективен для защиты тоннелей от агрессивной среды по сравнению с традиционными материалами.

Защиту подземных сооружений от воздействия агрессивной среды можно проводить также нанесением на поверхность бетона гидроизоляционных полимерных материалов. Следует отметить, что эту меру можно применять только в случае наличия агрессивной среды повышенной концентрации и интенсивного испарения с бетонной поверхности.

Вместе с работниками химической промышленности и Московским институтом горного дела для гидроизоляции подземных сооружений разработана полимерная композиция БИ-4С на основе эпоксидной смолы. Для придания гидроизоляционным покрытиям более высокой огнестойкости автором предложен состав для внутренней гидроизоляции подземных сооружений. Кроме того, усовершенствованы устройства, предназначенные для смешивания и нанесения двухкомпонентных гидроизоляционных материалов, в частности быстротвердеющих полимерных составов.

УДК 691.327:620.193.2

О. С. ПОПОВА, д-р техн. наук (ЛИИЖТ)

## Коррозионная стойкость бетонов с добавками водорастворимых смол

В работе [1] установлено, что водорастворимые смолы уменьшают общую пористость цементного камня, раствора и бетона, сдвигают максимум объемов на дифференциальных кривых их распределения в область микропор и значительно снижают проницаемость цементно-полимерных составов для воды и газа. Все это позволило предположить

повышенную стойкость таких бетонов в различных коррозионных средах. Действительно, данные работ [2, 3] свидетельствуют о том, что коэффициент стойкости при введении добавок смол № 89 и ТЭГ-1 (после месячного пребывания в 20%-ном растворе  $Na_2SO_4$ ) возрастает с 1,13 до 1,19—1,31, а коэффициент морозостойкости после 500 цик-

лов испытаний бетонов в 5%-ном растворе  $Na_2SO_4$  увеличивается с 0,81 до 0,95—0,97.

В то же время в опытах, изложенных в источнике [4], не прослеживалось повышение сульфатостойкости растворов с этими добавками в условиях переменного насыщения образцов 5%-ным раствором  $Na_2SO_4$ . Ввиду противоречивых

данных изучили влияние водорастворимых смол (различных марок и дозировок) на стойкость растворов и бетонов в средах, предполагающих развитие в материале кислотной, магниальной и сульфатной коррозии.

Для исследования кислотной коррозии образцы из бетона состава 1:2, 1:3 с  $B/C=0,63$ ,  $C=350$  кг/м<sup>3</sup> без добавок и с добавками смол после 28 сут твердения в воздушно-влажностных условиях погружали в растворы HCl с pH среды 2,9; 3,8; 4,7 и 5,6. Растворы меняли по мере их нейтрализации; степень поражения бетонов оценивали по потерям прочности и массы. В результате установлено, что все составы практически одинаково реагируют на воздействие кислот, несмотря на существенные различия в плотности. Потери массы образцов пропорциональны концентрациям кислот, а изменение прочности согласуется с потерями массы. Эти данные подтверждают правомерность механизма кислотной коррозии цементного камня и бетона Москвина. Сульфатостойкость бетонов с добавками водорастворимых смол определяли на тех же составах бетонов, что и в кислых средах, при содержании ионов  $SO_4^{2-}$  500—7200 мг/л, т. е. в средах слабоагрессивных (500—1000 мг/л), сильноагрессивных (1250—2500 мг/л) и недопустимых (>2500 мг/л). В качестве связующего использовали портландцемент с минеральными добавками (15% гранулированного доменного шлака) с содержанием  $C_3A=8\%$ . Испытания осуществляли по обычной и ускоренной методике. В первом случае образцы после 28 сут воздушно-влажного твердения насыщали и помещали в растворы соответствующей концентрации. Растворы меняли через месяц. Испытания проводили в течение 5,5 лет, фиксируя изменение массы и прочности.

Ускоренная методика заключалась в высушивании образцов при  $105+5^\circ C$  и насыщении их в растворах соответствующей концентрации. При этом определяли изменение массы, динамического модуля упругости, прочности. Результаты внешнего осмотра образцов свидетельствуют о том, что момент образования поверхностных трещин на образцах и критическая концентрация раствора, при которой они возникают, зависят от состава бетона и его начальной прочности.

При концентрациях растворов 500—1000 мг/л на поверхности образцов всех составов трещины не возникли в течение всего срока. Единичные трещины появились в течение этого

Таблица 1

Добавка	Прочность контрольных образцов, МПа	Относительная прочность на изгиб образцов, %, при концентрации растворов, мг/л				
		1250	2000	2500	5000	7200
—	8,8	105	103	75	67	56
1,5% № 89	9,0	108	108	107	96	82
1,5% ТЭГ-1	10,2	107	105	106	102	77
1,5% МФ-17	6,8	100	101	98	62	50
2,0% ММФ-50	6,7	88	93	94	52	46

времени на образцах бетона без добавок при концентрации раствора 2000 мг/л, с добавками ТЭГ-1—2500 мг/л, № 89—5000 мг/л, МФ-17—2000 мг/л, ММФ-50—1250 мг/л.

Наибольшей плотностью обладали составы с добавкой ММФ-50 (марка по водонепроницаемости В-20), а максимальная прочность отмечалась у составов с добавкой смолы ТЭГ-1 (табл. 1).

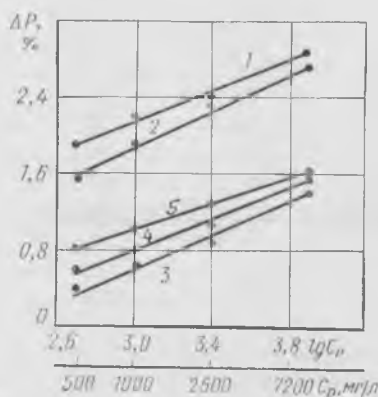
Аналогичные данные получены также при испытании образцов на сжатие. Потери массы всеми образцами закономерно увеличиваются с ростом концентрации ионов  $SO_4^{2-}$  в растворах и длительности твердения. Однако по потерям массы ( $\Delta P$ , %) после 5,5 лет твердения в агрессивных средах составы можно четко разделить на две группы — бетоны без добавок, со смолами № 89, ТЭГ-1 и бетоны со смолами МФ-17, ММФ-50 (см. рисунок). Минимальные потери массы образцов второй группы в среде с концентрацией растворов 500 мг/л соизмеримы с максимальными для первой группы в средах с концентрацией

растворов 7200 мг/л. Следует отметить, что также разделяются смолы и по механизму их воздействия на процессы гидратации цементов [5].

В зависимости от вида смолы адсорбированные поверхностями раздела тонкие пленки могут набухать в воде или частично гидрофобизировать поверхности. В обоих случаях доступ воды и сульфат-ионов внутрь бетона затруднен, поэтому процессы разрушения длятся годами. Смолы первой группы, адсорбируясь поверхностями гидратных новообразований, изменяют их дисперсность, повышают степень гидратации цементов, интенсифицируют рост прочности. Вместе с повышенной плотностью материала это обеспечивает бетонам с добавками смол первой группы высокую долговечность в сульфатных средах. Смолы же второй группы, адсорбируясь на поверхности исходных цементных зерен, замедляют их гидратацию. Кроме того, в сульфатных средах происходит отверждение адсорбированных пленок смол, которое сопровождается значительным сокращением объема (усадкой), нарушением адсорбционного слоя и возникновением трещин в подложке (цементном зерне или продуктах его гидратации) и может служить причиной возникновения новых очагов коррозии.

Влияние добавок смол первой группы на долговечность цементно-полимерных тампонажных растворов в средах с повышенным содержанием ионов хлора (10457 мг/л), магния (146 мг/л), натрия и калия (6050 мг/л) оценивали при температурах 30—75°C и давлении 10—30 МПа по изменению прочности образцов и фазового состава продуктов гидратации. При этом установлено, что в течение одного года выдерживания образцов в таких условиях прочности их отличаются незначительно (табл. 2).

В фазовом составе продуктов гидратации образцов без добавок, твердевших в течение одного года в коррозионно-активной среде, отмечается значительное содержание гидрохлоралюмината кальция и  $Ca(OH)_2$ , очень малое  $CaCO_3$ , отсутствие этрингита, остальные продукты гидратации те же, что и в обычных условиях. В структуре продуктов гидратации образцов из растворов с добавкой ТЭГ-1 наблюдаются следы  $Ca(OH)_2$  и твердого раствора гидрохлоралюмината кальция с гидроксидом магния и гидрокарбоалюминатом кальция. Процесс вымывания их обычно протекает медленнее, чем этрингита, чему препятствуют, по-видимому, и адсор-



Зависимость потерь массы ( $\Delta P$ , %) образцов от концентрации ( $C_p$ ) ионов  $SO_4^{2-}$  в растворе

Добавки смол: 1 — МФ-17; 2 — ММФ-50; 3 — ТЭГ-1; 4 — № 89; 5 — без добавок

Таблица 2

Состав цементно-глинистого раствора	Прочность, МПа, через 1 год	
	Твердение при 30°C и 10 МПа	Твердение при 75°C и 30 МПа
5 : 2	0,9/1,6*	1,7/1,9
4 : 1	1,3/2,3	1,8/2,5
	3,6/4,8	4,1/4,0
	3,9/5,5	4,3/4,1

\* Над чертой — составы без добавок, под чертой — 3% ТЭГ-1; перед чертой —  $R_{II}$ , после черты —  $R_{сж}$ \*

бирванные продуктами гидратации пленки смолы ТЭГ-1. В результате стойкость тампонажных растворов с добавками смолы в агрессивных средах при повышенной температуре оказывается выше, чем составов без добавок.

Высокая долговечность бетонов с

добавкой смол первой группы подтверждена испытаниями в сложных условиях воздействия влажности, низких температур и агрессивных сред при эксплуатации ограждающих конструкций обогатительной фабрики в Норильске и сгустителей калийного комбината в Солигорске.

#### Выводы

В кислых средах разрушение плотных бетонов с добавками водорастворимых смол определяется скоростью поверхностного разрушения в соответствии с теорией Москвина.

Введение смол первой группы (№ 89, ТЭГ-1) в состав бетонов повышает их стойкость в сульфатных средах.

Добавка смол второй группы (карбамидных, меламиноформальдегидных) в состав бетонов не обеспечивает их

длительную долговечность в сульфатных средах, несмотря на высокую плотность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саталкин А. В., Попова О. С., Красовский П. С. Структурная пористость цементно-полимерных бетонов и влияние ее на проницаемость. — Труды координационных совещаний по гидротехнике, вып. 73. М., Энергия, 1972.
2. Стрельникова М. П. Исследование высокопрочных бетонов с добавками полимеров для железнодорожных шпал. — Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1969.
3. Лаврега Л. Я. Исследование влияния полимерных добавок на физико-механические свойства центрифугированного бетона. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Минск, 1972.
4. Шклярлова Л. А. Исследование сульфатостойкости цементных растворов с некоторыми минеральными и полимерными добавками. — Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1969.
5. Попова О. С. Структура и свойства бетонов с добавками водорастворимых смол. — Автореф. дис. на соиск. учен. степени д-ра техн. наук. Л., 1980.

УДК 624.012.45:620.169.1

В. Ю. ДУБНИЦКИЙ, И. Н. ЗАСЛАВСКИЙ, В. Л. ЧЕРНЯВСКИЙ, кандидаты техн. наук (Харьковский Промстройинипроект)

## Прогнозирование срока службы конструкций по данным натурных обследований

Необходимость в прогнозировании долговечности железобетонных конструкций возникает тогда, когда нужно принять решение и определить виды, объемы и время выполнения работ по усилению, восстановлению и антикоррозионной защите конструкций. В частности, при реконструкции или ремонте объекта, проводящихся в несколько этапов, когда требуется установить, может ли поврежденная конструкция эксплуатироваться в заданных условиях с заданной надежностью до намеченного срока; когда при реконструкции предполагается уменьшить расчетные нагрузки на данную конструкцию и требуется установить, достаточен ли образовавшийся «запас» для эксплуатации с заданной надежностью в течение данного периода времени; если в процессе эксплуатации изменился характер или интенсивность агрессивных воздействий. Результаты прогнозирования долговечности можно использовать при разработке способов проектирования железобетонных конструкций, рассчитанных на фиксированный

срок службы (например, до ожидаемой реконструкции) с учетом сроков их ремонта.

В настоящее время разработаны и используются на практике методы количественной оценки: срока сохранения бетоном прочности при фильтрации воды через конструкцию или при омывании водой ее поверхности (с учетом кольматации пор бетона гидроксидом и карбонатом кальция); скорости разрушения бетона при действии кислот (с учетом тормозящего действия продуктов коррозии); скорости нейтрализации бетона углекислым газом или накопления активизирующих сталь хлор-ионов у арматуры и т. д. [1].

Однако в реальных условиях эксплуатации нередки случаи, когда железобетонные элементы испытывают воздействие одновременно нескольких агрессивных факторов различной природы, интенсивности и режима (увлажнение конденсатом и жидкими средами, нагрев, замораживание, динамические нагрузки и т. п.), взаимное влияние которых и не-

стабильность параметров во времени существенно сказываются на характере и скорости коррозионных процессов.

Свойства бетона и параметры железобетонной конструкции (величина защитного слоя, ширина раскрытия трещин и др.) также различны не только в однотипных элементах одного здания или сооружения, но часто и в пределах одной конструкции. Поэтому способы прогнозирования долговечности конструкций, основанные на оценке качественных параметров какого-либо преобладающего процесса, не всегда применимы. В строительных научно-исследовательских и учебных институтах накоплены данные о видах повреждений железобетонных элементов на различных объектах, сроках эксплуатации и других факторах, сказывающихся на долговечности конструкций.

Оценивалось также изменение физико-механических характеристик бетона под влиянием различных, в том числе нестандартных физико-химических воздействий. В выполненных в лаборатор-

ных условиях опытах варьировались и фиксировались параметры бетона (прочность, плотность, состав цемента и агрессивных сред). Наличие данных позволило предложить способ прогнозирования долговечности железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в сложных нестационарных условиях, в частности при увлажнении сульфатсодержащими растворами и периодическом интенсивном нагреве (с температурой в пределах 40—100°C).

Эмпирические зависимости, связывающие сроки службы бетона в условных (количество циклов воздействий) и реальных (годы) единицах времени, а также свойства бетона (начальные, если прогнозируется долговечность уже эксплуатировавшейся конструкции) получены путем статистической обработки данных применительно к объектам черной металлургии.

Конструкции группировали по условиям температурно-влажностного режима эксплуатации:

конвективный нагрев до  $t \leq 90^\circ\text{C}$   
периодическое увлажнение атмосферными осадками и конденсатом (в зимнее время);

лучистый или конвективный нагрев до  $t \leq 90^\circ\text{C}$  и частоте (1—3 раза в сутки) увлажнение при гидросмыве пыли;

систематическое увлажнение паром;  
систематическое увлажнение водой и нагрев до  $t \leq 100^\circ\text{C}$  (иногда до  $120^\circ\text{C}$ ).

Внутри каждой группы конструкции классифицировали по прочности и плотности внутренних слоев бетона, не испытывавших интенсивных воздействий (M150—400, водопоглощение от 3 до 10% и более); величине защитного слоя (от 5 до 40 мм), сроку службы (5—35 лет), виду напряженного состояния (сжатая, растянутая зона бетона).

Фактически сроком службы конструкции считается период от ввода объекта в эксплуатацию до уровня ее физического износа, т. е. до капитального ремонта. Такое состояние характеризуется наличием одного или нескольких признаков, соответствующих III категории по классификации [2]. В большинстве случаев оно вызывает отказ конструкции при расчете ее по несущей способности или другим предельным состояниям.

Долговечностью бетона при испытаниях в лабораторных условиях считалось число циклов приложения температурно-влажностных воздействий (увлажнения в 5%-ном растворе сульфата натрия и высушивания при температуре 40, 60—70°C по режиму 24+24 ч) до момента, когда первоначальная прочность бетона уменьшается в 2 раза. Изменение кубиковой прочности определялось испытаниями 6 образцов на прессе

после каждых 25 циклов попеременного увлажнения и высушивания. Кроме того, процесс деструкции бетона оценивался по изменению скорости УЗВ в одних и тех же образцах по мере увеличения числа циклов испытаний.

Сходство процессов разрушения образцов бетона, отобранных из эксплуатируемых конструкций и испытывавшихся в лабораторных условиях, оценивалось по ряду признаков, определяемых методами оптико-микроскопического, фазового рентгеновского и дифференциально-термического анализов и рН-метрии. Процесс группировки выполняли методом потенциалов (алгоритм «ОБЪЕДИНЕНИЕ»). Сопоставление позволило, используя данные лабораторных исследований и натурных обследований, разработать методику прогноза срока службы элементов в зависимости от свойств бетона и их фактического состояния к моменту, принятому за исходный. При этом процесс экстраполяции, каким принято считать всякое прогнозирование, заменяется процессом интерполяции.

Сущность методики заключается в оценке ожидаемой стойкости бетона в упомянутых нестационарных условиях эксплуатации по начальным характеристикам материала — прочности, плотности и коррозионной активности по отношению к сульфатсодержащей среде. Последняя определяется содержанием  $\text{C}_3\text{A}$  в цементе.

Исходными данными для прогнозирования долговечности бетона в лабораторных условиях служили результаты испытаний 2,5 тыс. образцов бетона 78 составов, изготовленных с применением цементов, содержащих  $\text{C}_3\text{S}$  — 39—67%;  $\text{C}_2\text{S}$  — 12—75%;  $\text{C}_3\text{A}$  — 4—9%;  $\text{C}_2\text{A}$  и  $\text{F}_z$  — 10—17%. Марки бетонов по прочности — M200—M600, по водонепроницаемости — В2—В10.

Сочетания начальных характеристик материалов группировали в классы в зависимости от числа циклов, которое выдерживал каждый образец до достижения предельного состояния. (Классом долговечности называли диапазон числа циклов воздействий, кратный 25.) Введение классов вместо числа циклов вызвано неоднородностью исходных данных (коэффициент неоднородности бетона на завершающем этапе испытаний доходил до 25%).

Сопоставляя результаты физико-химических исследований образцов, испытывавшихся в лабораторных и натуральных условиях, составили графики, связывающие выбранные начальные признаки — прочность, величину капиллярного водопоглощения бетона и минеральный состав цемента (содержания  $\text{C}_3\text{A}$ ) со сроком службы  $T$  (в годах). Фактические

изменения свойств бетона за время эксплуатации в агрессивных средах учитываются введением в характеристику  $T_g$  поправочных коэффициентов, определяющих прогнозируемую долговечность:

$$T_n = f_1 f_2 f_3 T_g, \quad (1)$$

при этом значение величин  $f_2$ ,  $f_3$  и  $T_g$  аналогично [2], но вместо формулы для коэффициента  $f_1$ , учитывающего состояние бетона, введена уточненная зависимость:

$$f_1 = \left[ 1 - \frac{W_t - W_0}{W_{\text{доп}} - W_0} \times \left( 1 - \frac{L_t - L_0}{L_{\text{доп}} - L_0} \right) \right]^{0,32} \quad (2)$$

где  $W_0$  и  $W_t$  — соответственно нормативное и фактическое значение величины водопоглощения слоя бетона толщиной 25—30 мм в соответствии с табл. 5 СНиП II-28-73\*,  $W_{\text{доп}}$  — равно 7%;  $L_0$  — относительное число дефектных участков (пор, трещин, продуктов коррозии), определяемое планиметрическим методом петрографического анализа, принимаемое равным 5%;  $L_t$  — то же, на момент обследования,  $L_{\text{доп}}$  равно 30% [3].

При прогнозировании изменения несущей способности железобетонных конструкций принимаем, что величина поперечного сечения конструкции со стороны источника воздействия агрессивной среды уменьшается на 3 см за время  $T_n$ , а скорость коррозии арматуры определяется по табл. 12 [2].

Для оценки предложенной методики были выполнены примеры прогнозирования долговечности железобетонных конструкций, обследованных в 1962—1967 гг. Повторное обследование показало удовлетворительное совпадение прогнозируемого и фактического состояния конструкции.

### Выводы

Приведенная в [2] методика прогнозирования долговечности железобетонных конструкций с использованием зависимости (2), оценивающая состояние эксплуатировавшегося бетона, позволяет определить ожидаемый срок службы элемента с момента его обследования до достижения предельного состояния при нестационарных воздействиях сульфатсодержащих растворов и нагрева.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвин В. М., Иванов Ф. М., Алексеев С. Н., Гузев Е. А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. М., Стройиздат, 1980.
2. Руководство по обеспечению долговечности железобетонных конструкций предприятий черной металлургии при их реконструкции и восстановлении. М., Стройиздат, 1982.
3. Мчедлов-Петросян О. П., Дубиницкий В. Ю., Чернявский В. Л., Олшанский А. Г. Статистическое изучение влияния агрессивных грунтовых вод на изменение свойств цементного бетона. Известия вузов, сер. «Строительство и архитектура», 1975, № 9.

## Коррозионная стойкость бетона на пористых заполнителях

Известна успешная многолетняя эксплуатация конструкций из плотных бетонов на пористых заполнителях в агрессивных средах. Представляется необходимым рассмотреть особенности их структуры и свойств в сопоставлении с бетонами на плотных заполнителях.

Многочисленными исследованиями установлено, что бетоны на пористых заполнителях имеют более мелкие поры, чем обычные бетоны. Как правило, сравнивали равноподвижные бетоны, иногда равнопрочные.

В МИСИ изучали формирование пористости раствора и бетона на пористых и плотных заполнителях в соответствии с положениями работы [1]. Поскольку определяющим для коррозионной стойкости бетона на пористых заполнителях является плотное строение, при определении составов раствора и бетона учитывали концентрацию цементного камня, истинное водоцементное отношение и степень гидратации цемента. Особенность заключалась в том, что состав соответствовал растворным составляющим легкого и тяжелого бетонов. Коэффициент уплотнения смесей составлял 0,97—0,98,  $(B/C)_{ист} = 0,27$ . В табл. 1 приведены составы бетонов и растворов, имеющих примерно одинаковые структурные характеристики.

В результате анализа установлено, что бетоны на пористых заполнителях характеризуются повышенной пористостью: общая расчетная и капиллярная пористость цементного камня в керамзитобетоне составляет 23,1 и 16,2%; в тяжелых бетонах — 9,6 и 3,5%.

Таблица 2

Материал	Объем микропор, см <sup>3</sup> /г	Средний радиус микропор, мкм	Содержание капиллярных пор (>0,1 мкм), %
Керамзитобетон	0,384	0,150	13
Раствор на керамзитовом песке	0,272	0,220	24
Тяжелый бетон на гранитном щебне	0,050	0,600	42
Раствор на кварцевом песке	0,041	0,138	15

В табл. 2 приведены характеристики пористости цементного камня исследованных растворов и бетонов, установленные с помощью поромера.

В исследуемых системах суммарный объем микропор керамзитобетона отличается от соответствующего показателя тяжелого бетона в 13 раз, но при этом средний радиус пор в 4 раза меньше.

Известно, что проникаемыми для воды являются поры размером более 1 мкм. В тяжелом бетоне их содержится в 3 раза больше, чем в керамзитобетоне. Обычно в бетонах на пористых заполнителях объем пор геля в 4—8 раз больше, чем в тяжелом бетоне. Они непроницаемы для воды, что значительно повышает стойкость материала. Известно, что больший контракционный объем также увеличивает стойкость бетона.

В более тонких порах расклинивающее действие воды на непрореагировавшие зерна цемента выражено сильнее. При этом потенциально более высокая степень гидратации цемента в легком бетоне вызывает более интенсивное, чем в

обычных бетонах, явление самозалечивания.

Время закрытия пор существенно влияет на долговечность, поскольку прекращается действие агрессивной среды на бетон [2]. Бетоны на пористых заполнителях благодаря более тонкой пористости по этому показателю также имеют преимущество по сравнению с бетонами на плотных заполнителях.

Контактный слой в бетонах на пористых заполнителях является упрочняющим элементом структуры, поскольку характеризуется повышенной плотностью и высокой прочностью сцепления с зернами. Этот показатель в бетонах на пористых заполнителях в 1,6—2,5 раза выше. Большое значение имеет химическое взаимодействие новообразований вяжущего с активным веществом поверхностного слоя заполнителя, которое также повышает целостность и монолитность контактной зоны. В результате исследований установлено, что площадь контактов срастания в бетонах на пористых заполнителях составляет 70—80% (в бетоне на плотном заполнителе — около 50%). Площадь срастания пористого заполнителя можно увеличить до 90% введением различных химических добавок, повышением интенсивности уплотнения и др.

Стойкость материалов, как известно, существенно зависит от деформативных свойств. Пористый заполнитель в процессе насыщения водой подвергается деформации растяжения, достигающей при полном насыщении в зависимости от качества и размеров заполнителя 1,7—2,1 мм/м [3]. При высыхании усадочные деформации происходят до определенного предела, при котором остаточные деформации растяжения составляют 0,3—1,4 мм/м [3]. Это явление в сочетании с малым модулем упругости пористого заполнителя, особенно во влажном состоянии, вызывает дополнительное всестороннее сжатие заполнителя, что повышает водонепроницаемость бетона. Стабильности водонепроницаемости и стойкости бетонов на пористых заполнителях способствует их повышенная трещиностойкость [4].

Таблица 1

Цементная система	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> бетона, кг				В/Ц затворения	Концентрация цементного камня в бетоне	Марка бетона или раствора
	цемент	вода	песок	щебень			
Бетон на керамзитовом песке и керамзитовом гравии	234	213	269	424	0,910	0,168	M100
Раствор на керамзитовом песке	476	296	548	—	0,620	0,302	M150
Бетон на гранитном щебне и кварцевом песке	283	441	803	1183	0,500	0,139	M200
Раствор на кварцевом песке	509	194	1437	—	0,382	0,282	M250

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Состав, структура и свойства цементных бетонов / Г. И. Горчаков, Л. П. Орендлихер, В. И. Савин и др. М., Стройиздат, 1976.
2. Owens P. L. Is today's structural concrete ready for tomorrow? Concrete, 1980, vol. 14, № 7.
3. Ivanov I. A., Makridin N. I., Cernikova S. N. The deformability of artificial porous aggregates in relation to the degree of their wates saturation. International Congress of Lightweight concrete. London, 1968.
4. Повышение трещиностойкости легких бетонов в ограждающих конструкциях / Г. И. Горчаков, Л. П. Орендлихер, И. И. Лифанов, Э. Г. Мурадов, М., Стройиздат, 1971.

Н. Л. БИВЕЦ, инж. (Главтяжстройиндустрия Минтяжстроя СССР)

## Опыт строительства зданий с покрытиями из крупноразмерных конструкций

Одним из главных направлений повышения эффективности и качества строительства является переход к массовому внедрению освоенных в последнее время высокоэффективных железобетонных конструкций, обеспечивающих снижение массы зданий, их материалоемкости и повышение производительности труда.

В последние годы в ряде организаций Минтяжстроя СССР получили развитие производство и применение железобетонных конструкций «на пролет» типа панелей-оболочек КЖС размерами  $3 \times 18$  и  $3 \times 24$  м и плит типа П.

Главцентрострой и институт Карагандаоргтяжстрой Минтяжстроя Казахской ССР, Главдастьрой, Главкузбастрой совместно с НИИЖБ и ЦНИИ-промзданий освоили в Центральном Казахстане, на Дальнем Востоке и в Кузбассе выпуск указанных крупноразмерных конструкций.

Покрытия из них применяются при строительстве одноэтажных промышленных зданий с любым числом пролетов, оборудованных мостовыми кранами грузоподъемностью до 30 т, а также подвесным транспортом грузоподъемностью до 5 т. Применяют их также при строительстве сельскохозяйственных и общественных зданий.

Такие конструкции, по сравнению с покрытиями из железобетонных плит по фермам, позволяют сокращать на  $1 \text{ м}^2$  покрытия расход металла до 6 кг и бетона на  $0,06 \text{ м}^3$ . Трудоемкость монтажа покрытия снижается на 40%. В связи с уменьшением строительной высоты зданий, перекрытых плитами «на пролет», снижаются расходы на отопление и вентиляцию.

Внедрением крупноразмерных плит покрытий в настоящее время занимаются Минтяжстрой Казахской ССР, Главкрасноярскстрой, ВО Череповецметаллургхимстрой, Главоренбургстрой, Главсредуралстрой, трест Каббалкпромстрой, Главкузбастрой, Минтяжстрой Украинской ССР. Всего строительными организациями министерства введено более 400 объектов с покрытиями из крупноразмерных конструкций.

Практика показала, что экономичность применения оболочек КЖС и плит П повышается при возведении крупных объектов. Например, при строительстве корпуса нестандартизированного оборудования Красноярского завода тяжелых экскаваторов ( $63 \text{ тыс. м}^2$ ) в качестве несущих железобетонных конструкций покрытий были применены панели-оболочки КЖС размером  $3 \times 24$  м,

уложенные «на пролет» по подстропильным фермам длиной 12 м. Панели-оболочки изготовлялись трех типов: сплошные, с проемами для установки зенитных фонарей и с унифицированными отверстиями диаметром 400, 700, 1000, 1450 мм.

Для монтажа покрытия на строительной площадке организовали специальный блок-пост, на котором выполнялось утепление панелей КЖС, оснащение их санитарным и электротехническим оборудованием. Панели с максимальной строительной готовностью перевозили в зону монтажа на специально оборудованной тележке.

Применение панелей-оболочек по сравнению с типовым решением покрытий позволило сократить строительный объем на этом объекте на 100 тыс.  $\text{м}^3$ , или на 9%; уменьшить расход бетона на 2%; стали на 12,7%; снизить трудоемкость на 960 чел.-дней.

На 1 января 1983 г. общий объем применения крупноразмерных конструкций «на пролет» размерами  $3 \times 18$  и  $3 \times 24$  м в министерстве составил 1,7 млн.  $\text{м}^2$ , что позволило по сравнению с покрытиями из железобетонных ферм и плит сэкономить 7,8 тыс. т металла, 68 тыс.  $\text{м}^3$  бетона, на 85 тыс. чел.-дн. сократить трудозатраты на монтаже. Получен экономический эффект в размере 9,6 млн. р. Затраты при эксплуатации зданий снижены на 1,4 млн. р. Общий экономический эффект составил более 11 млн. р.

При монтаже панели укладывают на продольные несущие конструкции — балки или фермы, установленные на колонны продольных рядов, а в отдельных случаях — на продольные несущие стены. При шаге колонн 6 м панели опирают на железобетонные балки прямоугольного сечения, а при шаге 12 м — на железобетонные фермы раскосношпренгельного типа. Эти фермы, запроектированные институтом Карагандаоргтяжстрой совместно с НИИЖБ, обеспечивают простое и надежное сопряжение покрытия с колоннами каркаса здания. При шаге колонн 12 м в отдельных случаях применяются также продольные металлические конструкции в виде сварных двутавровых балок или ферм. Непосредственно на стены панели укладывают при возведении зданий сельскохозяйственного назначенияcebольшой высоты.

Панели монтируют кранами грузоподъемностью от 25 до 50 т в зависимости от типа зданий. Крепление панелей к несущим конструкциям осуществляется сваркой с применением гибких стальных прокладок, выполняющих

роль листовых шарниров и установленных в верхних поясах продольных балок и ферм. Панели опираются только по углам. Величина площадки опирания — 90—140 мм в зависимости от размера панелей. После закрепления панелей на несущих конструкциях покрытия швы между ними замоноличивают бетоном.

Для пропуска вентиляционных шахт с дефлекторами и установки крышных вентиляторов в панелях оставляют отверстия необходимых диаметров. Для покрытий со светоаэрационными фонарями применяются панели с просом в средней части пролета.

Наибольший эффект дает применение панелей, изготовленных в комплексном варианте, — с утеплителем и кровлей, выполненными в заводских условиях. Производство таких панелей организовано на Саранском заводе железобетонных изделий треста Карагандапромстрой и в тресте Каббалкпромстрой (г. Нальчик).

На заводах сборного железобетона панели изготавливают по стендовой технологии в силовых металлических фермах. Изделия армируют обычным способом с натяжением рабочей арматуры на упоры после приварки анкеров. Бетонную смесь укладывают из бадей краном, а разравнивают и заглаживают вручную. В ребрах изделия бетонную смесь уплотняют навесными вибраторами, в оболочке — виброрейкой или площадочными вибраторами. Такая технология весьма трудоемка, уменьшает объем продукции с производственных площадей, сокращает оборачиваемость форм. Себестоимость панелей высокая.

В настоящее время Тульское ЭКБ Минтяжстроя СССР разработало комплект технологического оборудования, в который входят вибротермоформа, формирующий агрегат для укладки, разравнивания и уплотнения бетонной смеси, а также установка для укрытия верхней полки панели пленочным материалом на период тепловой обработки.

Механизация укладки бетонной смеси и заглаживания поверхности панелей позволит снизить трудозатраты на их изготовление в среднем до 25%.

Для более широкого внедрения крупноразмерных конструкций «на пролет» необходимо организовать централизованное изготовление нестандартного оборудования, оснастки и приспособлений для их производства, монтажа и транспортирования; разработать и внедрить более совершенную технологию изготовления крупноразмерных конструкций в комплексном исполнении с высокой степенью заводской готовности, с максимальным уровнем механизации и автоматизации трудовых процессов; проводить дальнейшее усовершенствование конструкций с целью повышения их надежности и экономичности путем применения легких бетонов, эффективной арматуры, высокопрочных цементов; при проектировании производственных зданий различных отраслей промышленности предусматривать массовое применение покрытий из панелей «на пролет».

Опыт строительства с применением в качестве покрытий панелей-оболочек КЖС и малоуклонных плит типа П размерами  $3 \times 18$  и  $3 \times 24$  м показал эффективность и целесообразность применения данных конструкций.



УДК 624.074.3:631.2

В. А. ОТСТАВНОВ, канд. техн. наук (Госстрой СССР); А. И. БУРАКАС, В. Д. ГАЛИЧ, А. А. ЦЕЙТЛИН, Т. Ф. ГОРДЕЕВА, кандидаты техн. наук (НИИСК)

## Унифицированные схемы сводчатых сельскохозяйственных зданий

Развитие сельского хозяйства требует значительного увеличения объема строительства зданий различного назначения — для хранения минеральных удобрений, техники, зерна, для животноводческих и птицеводческих помещений и др. Успешному решению этих вопросов способствует использование сборных железобетонных сводчатых конструкций, разработанных НИИСК и внедренных в 1978—1982 гг. Сводчатые сельскохозяйственные здания собирают из панелей-оболочек с постоянной по длине кривизной [1]. В настоящее время функционирует около 100 таких сооружений.

В результате технико-экономического анализа установлено, что при строительстве сводчатых зданий по сравнению с типовыми (стоечно-балочными и рамными) снижается расход стали, цемента, денежных средств, трудозатрат, значительно сокращаются сроки их возведения.

Область применения таких зданий ограничена в основном неотапливаемыми складскими помещениями [1]. Использование сводчатых зданий, собираемых из панелей-оболочек с постоянной по длине кривизной, для отапливаемых помещений нецелесообразно, поскольку при большой стреле подъема (например, 9 м при пролете 18 м) высота в коньке значительно больше полезной высоты, требуемой для животноводческих зданий, в результате чего образуется неиспользуемый объем в верхней части посередине пролета. При снижении стрелы подъема и увеличении пролета (например, 6 м при пролете 24 м) уменьшается полезная ширина помещения и остаются неиспользуемыми площади у опор свода.

Уменьшить неиспользуемые объемы можно вследствие снижения стрелы подъема и увеличения угла наклона оси свода у опор. Это достигается применением панелей-оболочек с переменной по длине кривизной — большей на участках, примыкающих к опорам, и меньшей на участках, сопрягающихся в коньке (рис. 1). Если же панели-оболочки расположить меньшей кривизной к опорам, образуется сводчатое здание с увеличенной стрелой подъема или с пологими приопорными участками, пригодное для хранения сельхозтехники или сыпучих материалов, давление от которых на свод оказывается меньшим, чем на рассмотренный свод.

Панели-оболочки с переменной по длине кривизной по расходу материалов уступают элементам с постоянной кривизной, однако позволяют унифицировать схемы сельскохозяйственных зданий, что при массовом строительстве име-

ет первостепенное значение. Унифицированные панели-оболочки являются перспективными. В настоящее время разрабатываются такие конструкции для утепленных помещений, а в дальнейшем предполагается использовать их и для холодных складских зданий.

Предложены два варианта панелей-оболочек с переменной по длине кривизной — двойкой кривизны и ребристой одинарной кривизны (рис. 2). Выбор типа оболочки зависит от вида кровельных и утепляющих материалов. Так, цилиндрическая поверхность предпочтительнее, если применяются плитные утеплители и рулонные кровельные материалы.

Панель-оболочка двойкой кривизны представляет железобетонную конструкцию, состоящую из двух сопрягающихся оболочек положительной гауссовой кривизны. Она состоит из оболочки толщиной 35—45 мм, усиленной продольными бортовыми ребрами толщиной 65 мм, средним продольным ребром толщиной 60 мм и плоскими торцовыми ребрами переменного сечения, которые одновременно служат опорными элементами при складировании, транспортировке и монтаже. Панель-оболочка из бетона марки М300 армирована сварными сетками из арматурной проволоки и каркасами из стержневой арматуры.

Ребристая панель-оболочка из бетона марки М300 состоит из продольных ребер высотой 300—600 мм и цилиндрической полки толщиной 30—35 мм, усиленной в случае необходимости поперечными ребрами. Полка армирована сварной сеткой из проволоки, ребра — каркасами из стержневой арматуры.

В результате анализа габаритных схем сельскохозяйственных зданий установлено, что применение панелей-оболочек четырех типоразмеров позволяет создавать сводчатые здания с пролетами от 15 до 30 м и соответствующими стрелами подъема  $F$  (табл. 1).

Изменение габаритов поперечников зданий достигается изменением угла наклона панелей-оболочек, применением рамных вставок различной длины  $l$  и варьированием высоты опор  $h_1$ .

Так, сводчатые здания (из панелей-оболочек длиной 21/2 м) пролетом 21 м и стрелой подъема 4,9 м в пределах полезной ширины 18 м могут иметь минимальную полезную высоту помещения 2,4 м при высоте опор от уровня пола 0,4 м; 2,7 м — при высоте опор 0,7 м и 3 м — при высоте опор 1 м. Это позволяет использовать одни и те же панели-оболочки при различных технологических требованиях к размерам помещений.

Выбор схемы покрытия зависит от габаритов помещения с учетом требований освещенности и вентиляции, влияющих на размеры рамных вставок. Если по технологическим соображениям необходимо подвесное крановое оборудование, необходимая полезная высота помещения может быть получена одновременным увеличением высоты опор, стрелы подъема свода и использованием рамных вставок.

В табл. 2 приведены характеристики габаритных схем сводчатых животноводческих и птицеводческих помещений, производственных и складских зданий для хранения затаренных материалов, сельскохозяйственных машин и оборудования, а также сыпучих материалов.

Таблица 1

Пролет свода $L$ , м	Длина панели-оболочки, м	Стрела подъема свода $F$ , м			
		трехшпирного	с рамной вставкой длиной $l$		
			3	4,5	6
15,0	15/2*	4,5/5,0	6,7/6,6	—	—
15,0	18/2	7,1/7,2	—	—	—
18,0	18/2	4,8/5,3	7,1/7,2	—	8,6/8,30
18,0	21/2	7,6/7,7	—/9,0	—	—/10,0
18,0	24/2	—/9,7	—/10,8	—	—
21,0	21/2	4,9/—	7,6/7,7	—	9,2/9,0
21,0	24/2	7,9/8,2	9,8/9,7	—	—/10,8
24,0	24/2	5,1/—	7,9/8,2	—	9,8/9,7
27,0	24/2	—	5,1/—	—	7,9/—
28,5	24/2	—	—	5,1/—	6,7/—
30,0	24/2	—	—	—	5,1/—

\* Перед чертой — по рис. 1,а; после черты — по рис. 1,б.

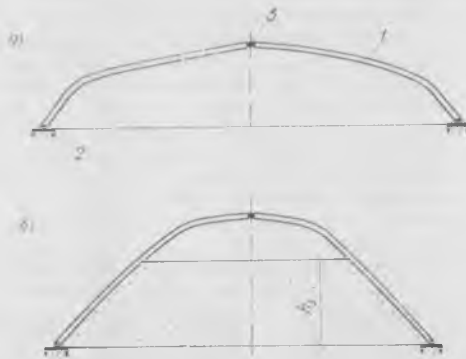


Рис. 1. Схемы сводов из панелей-оболочек с переменной по длине кривизной  
а — для животноводческих помещений; б — для хранения сыпучих материалов; 1 — панель-оболочка; 2 — опора свода; 3 — конек свода

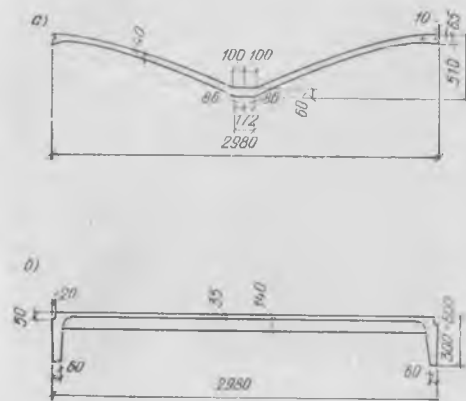


Рис. 2. Поперечные сечения панелей-оболочек  
а — двойкой кривизны; б — цилиндрической ребристой кривизны

Схема свода	Пролет свода $L$ , м	Стрела подъема свода $F$ , см	Полезная ширина $L_1$ , м	Минимальная высота помещения, м, в пределах полезной ширины здания					Максимальная высота засыпки материалов $H_1$ , м
				животно-водческое	птицеводческого	производственного	складского	ГО	
	15,0	4,5/5,0*	12/15	2,4; 2,7	2,4; 3,0	—	—	—	-3,6
	15,0	7,1/7,2	12/15	2,7	2,7	—	—	—	-5,0
	18,0	4,8/5,3	12/18	—	3,0	4,2	—	3,6	-3,6
	18,0	7,6/7,7	12/18	—	—	4,8; 6,0	—	4,8	-6,0
	18,0	-/9,7	-/18	—	—	—	—	—	-6,0
	21,0	4,9	18	2,4; 3,0	2,4; 2,7	—	—	4,8	—
	21,0	7,9/8,2	18/21	—	—	4,2	—	3,6	-5,5
	24,0	5,1	21	2,4; 3,0	2,7	—	—	4,8	—
		15,0	6,7/6,6	12/15	—	—	—	3,6; 4,8	-5,0
		18,0	7,1/7,2	12/18	—	—	6,0	4,8	-6,0
18,0		8,6/9,0	12/18	—	—	7,2	—	-8,0	
18,0		-/10,8	-/18	—	—	—	—	-9,0	
21,0		7,6/7,7	18/21	3,0	—	—	—	3,6	
21,0		9,8/9,7	18/21	—	—	4,8	4,8	-8,0	
21,0		9,2	18	—	—	4,8	4,8	—	
24,0		7,9/8,2	21/24	3,0; 3,6	—	—	—	3,6	
24,0		9,8/9,7	21/24	—	—	4,8	4,8	-8,0	
27,0		5,1	24	2,4; 3,0	2,7	—	—	—	
27,0		7,9	24	3,0; 3,6	—	—	—	3,6	
28,0		5,1	27	2,4; 3,0	—	—	—	—	
28,5	6,7	27	2,4; 2,7	—	—	—	—		
30,0	5,1	27	2,4; 3,0	—	—	—	—		

\* Перед чертой — по рис. 1,а; после черты — по рис. 1,б.

Для складских зданий, предназначенных для сыпучих материалов (зерно, минеральные удобрения, хлопок, сено и др.), рекомендуются своды, собираемые из панелей-оболочек с участками максимальной кривизны, сопрягаемыми в коньке свода (см. рис. 1).

Сводчатые конструкции могут найти применение также для общественных зданий — крытых рынков, конноспортивных манежей, спортивных и выставочных залов.

По данным Укрколхозпроекта [2], в ближайшие годы намечается возводить сельскохозяйственные здания в основном шириной до 21 м. Кроме того, планируется экспериментальное строительство зданий нового типа: шириной 24 м — для птичников и хранения сельхозтехники, 27 м — для коровников и 30 м — для доильно-молочных блоков. При этом

здания шириной до 12 м составят 21% площади всех производственных и складских зданий, а шириной 18 и 21 м — 79%.

В соответствии с этим при организации производства панелей-оболочек необходимо предусмотреть выпуск 20% панелей-оболочек размерами 15/2 и 18/2 м и 80% — размерами 21/2 и 24/2 м.

В 1980 г. были изготовлены опытные панели-оболочки со световыми проемами и выступами для образования вентиляционной щели в коньке здания. Опытные панели-оболочки размером 2980 × 1375 мм предназначались для свода пролетом 24 м. Панели изготовляли в деревянной опалубке, обитой кровельной сталью, и формовали при помощи ручного виброшаблона.

Из опытных панелей-оболочек смонтированы фрагменты сводов с примене-

нием передвижной деревянной опоры (рис. 3). Фрагменты испытывали на действие распределенной нагрузки.

Проведенными экспериментальными исследованиями установлено, что своды из панелей-оболочек двоякой кривизны и цилиндрических ребристых панелей-оболочек обладают необходимой прочностью, жесткостью и трещиностойкостью.

При испытаниях фрагмента свода из панелей-оболочек двоякой кривизны первые волосяные трещины в зоне максимальной кривизны появились при нагрузке, в 3 раза превышающей нормативную. При нагрузке, в 1,6 раза превышающей расчетную (с учетом собственной массы), раскрылись большие трещины в коньковых поперечных ребрах панелей-оболочек. Максимальный прогиб при нормативной нагрузке составил  $1/3480$  пролета, а перед образованием разрушающих трещин —  $1/1430$ .

В результате испытаний фрагмента свода из цилиндрических ребристых панелей-оболочек установлено, что трещины шириной до 0,15 мм раскрылись в продольных ребрах у конькового узла при нагрузке, равной 1,6 расчетной; прогиб при нормативной нагрузке составил около  $1/5000$  пролета; при нагрузке, равной 1,6 расчетной, разрушение не было достигнуто.

Полученные результаты испытаний позволили рекомендовать панели-оболочки обоих типов для использования в экспериментальном строительстве. Для отработки, конструирования, изготовления, транспортировки и монтажа ведется строительство коровников в колхозе «Шлях правды» Бородянского района Киевской обл.

Предварительное сопоставление проектов этих зданий с типовым решением (с применением железобетонных полурам и асбестоцементной кровли) показало, что сводчатые здания экономичнее по приведенным затратам на 17%, сметной стоимости на 6%, трудозатратам на стройплощадке — на 24%, расходу стали — на 37%, бетона — на 15%, цемента — на 13% и асбестоцемента — на 82%.

Для широкого внедрения сводчатых зданий из панелей-оболочек с переменной по длине кривизны необходимо механизированное изготовление панелей-оболочек полной заводской готовности (с утеплителем, паро- и гидроизоляцией); защита от коррозии; создание транспортных средств для перевозки панелей в два яруса; разработка приспособлений для монтажа и заделки стыков покрытий. Над решением этих вопросов работает НИИСК в содружестве с другими проектными, научно-исследовательскими и производственными организациями.

Внедрение унифицированных сводчатых сельскохозяйственных зданий на базе промышленного производства панелей-оболочек будет способствовать совершенствованию сельскохозяйственного строительства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отставнов В. А., Буракас А. И., Цейтлин А. А. Сводчатые сельскохозяйственные здания. — Бетон и железобетон, 1980, № 10.
2. Сельскохозяйственные производственные здания с каркасом из унифицированных полурам РЖУ (РЖУс). Киев, Укрмежколхозстрой, 1981.



Рис. 3. Фрагменты сводов из панелей-оболочек с постоянной и переменной по длине кривизной

З. Н. ЦИЛОСАНИ, д-р техн. наук, проф.; Т. И. ТАТИШВИЛИ, канд. техн. наук;  
Р. Н. МАЧАВАРИАНИ, инж. (ИСМиС АН ГССР); Ш. А. ЛОМИДЗЕ, канд. техн. наук  
(Минсельстрой ГССР)

## Железобетонные изделия, пропитанные в расплаве серы, для сельскохозяйственных объектов

Большое внимание в настоящее время уделяется разработке и внедрению новых полимерных и композиционных материалов и изделий из них с комплексом заданных свойств, позволяющих повышать прочность и долговечность и в конечном итоге способствующих снижению стоимости и материалоемкости сооружений.

Одним из способов увеличения прочности и стойкости бетона, как и других пористых материалов, является значительное уменьшение его пористости. Из многочисленных приемов, повышающих плотность, наиболее перспективным является заполнение порового пространства бетона упрочняющей фазой, например жидкими маловязкими органическими мономерами, такими как стирол, метилметакрилат, и другими полимеризующимися составами, позволяющими получить бетонополимеры. Однако применению этих мономеров в качестве пропиточного материала и широкому их распространению в производстве бетонных и железобетонных изделий в значительной степени мешают их дефицит и высокая стоимость.

Очень сходны технология изготовления, а также физико-механические свойства бетонополимеров и бетона, пропитанного расплавом серы. В результате пропитки серой увеличиваются плотность и механические характеристики бетона — прочность при сжатии, растяжении и изгибе увеличивается от 3 до 5 раз, повышается водостойкость, морозостойкость и химическая стойкость. В то же самое время использование в качестве пропиточного материала серы — побочного продукта нефтеперерабатывающей и газовой промышленности — характеризуется рядом неоспоримых преимуществ, в том числе довольно низкой по сравнению с мономерами, применяемыми для изготовления бетонополи-

мера, стоимостью серы — 62 р. за 1 т.

Изготовление изделий из бетона, пропитанного серой, характеризуется меньшей энергоемкостью, а также меньшей сложностью технологического процесса, чем из бетонополимера. Все это способствовало тому, что за последнее десятилетие возобновились проводившиеся еще в 20-х годах нашего столетия исследования по изучению свойств бетонов, пропитанных серой, но не нашедшие тогда практического применения из-за дефицита и высокой стоимости серы. Из работ последних лет можно отметить исследования, проводившиеся в НИИЖБ и завершившиеся определенными практическими предложениями и внедрениями [1, 2].

В течение ряда лет в Институте строительной механики и сейсмостойкости им. К. С. Завриева АН ГССР ведутся исследования, изучены технологические параметры изготовления изделий из тяжелого и легкого бетонов, пропитанных в расплаве серы, а также прочность, деформируемость, химическая стойкость таких бетонов [3, 4].

В экспериментах, а также при выпуске опытных партий изделий использовали техническую серу по ГОСТ 127—64. При нагреве она постепенно превращается в легкоподвижную жидкую массу, вязкость ее при температуре 150°C становится минимальной, близкой к вязкости воды. При температуре ниже 120°C сера переходит из жидкого состояния в твердое.

Эффект, достигаемый в результате пропитки, проверялся на бетонах разной плотности, последняя менялась за счет изменения водоцементного отношения и применения плотного и пористого заполнителей. В таблице приведены основные физико-механические показатели исходных бетонов и пропитанных в расплаве серы.

Основная область применения пропитанных серой бетонов — конструкции, работающие в агрессивных средах. Их надежность и эффективность работы в значительной степени определяются стойкостью пропитанных бетонов к действию эксплуатационных факторов.

Свойства	Бетоны на пористых заполнителях	Бетоны на плотных заполнителях
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1200—1700/1400—1900	2200—2400/2300—2500
Предел прочности, МПа:		
при сжатии	5,0—15,0/40,0—60,0	20,0—40,0/60,0—80,0
при изгибе	1,0—5,0/7,0—11,0	5,0—7,0/11,0—13,0
Модуль упругости на сжатие $E_{0,2} \cdot 10^4$ , МПа	1,0—1,7/1,5—2,3	2,0—3,0/3,0—4,0
Морозостойкость, цикл	50—100/600—800	200—250/800—1000
Водопоглощение, %	8—12/0,5—2,0	6,0—10,0/0,5—0,8
Водонепроницаемость	В2-В4/В10-В12	В2-В4/В10-В12
Сульфатостойкость, К <sub>ст</sub>	Не сток/0,90	Не сток/0,95

Примечание. Перед чертой — до пропитки, после черты — после пропитки.



Рис. 1. Подготовка железобетонных стоек и решетчатых плит к пропитке



Рис. 2. Погружение контейнера с изделием в пропиточную установку

Учитывая большой размах строительства сельскохозяйственных сооружений в стране, а также агрессивность газовой и жидкой среды многих его объектов, нами проведены специальные исследования коррозионной стойкости бетона и железобетона в натуральных и лабораторных условиях применительно к специфике сельскохозяйственного производства. Изучалась коррозионная стойкость тяжелого и легкого бетонов, пропитанных в расплаве серы. Работы проводились в содружестве со специалистами Министерства сельского строительства ГССР.

Было решено пропитать в расплаве серы решетчатые полы свиноводческих ферм и стойки для виноградных шпалер. Эти конструкции, выполненные из обычного цементного бетона, довольно быстро выходят из строя из-за низкой стойкости в агрессивных средах, что приводит к перерасходу материальных, трудовых и денежных ресурсов при их замене.

Пропитка изделий была выполнена на специально организованном участке при заводе ЖБИ № 2 треста Грузсельстройиндустрия Минсельстроя ГССР и включала ряд последовательных технологических операций — разогрев серы до температуры 150°C; сушку изделий и прогрев при температуре 130—140°C; погружение изделий в расплав серы и пропитку; извлечение изделий из серы и их охлаждение.

Для пропитки изделий в расплаве серы была смонтирована опытная установка, разработанная ИСМиС АН ГССР совместно с Минсельстроем ГССР. Она представляет собой закрываемую ванну с масляной рубашкой, систему ТЭНов, расположенных на двух вертикальных стенках и по дну, электрической следящей и регулирующей системы с пультом управления. Установка снабжена кран-балкой с тельфером и контейнерами для упаковки в них железобетонных стоек и решетчатых плит. Как показала практика, установка обеспечила достижение заданных технологических параметров и показала хорошие производственные результаты (рис. 1 и 2).

Продолжительность пропитки изделий на пористых плотных заполнителях составила соответственно 4 и 6 ч, расход электроэнергии на один цикл пропитки в расчете на 1 м<sup>3</sup> изделий — 120 и 180 кВт·ч. Расход серы для пропитки 1 м<sup>3</sup> изделий на плотных и пористых заполнителях составил соответственно 70—100 и 120—150 кг. Испытания на прочность железобетонных столбиков и решеток, проведенные согласно ТУ РСТ ГССР 354-81 и ТУ 69-25-78, показали, что прочность (трещиностойкость и по разрушению) пропитанных изделий превосходит прочность контрольных непропитанных более чем в 2 раза.

Испытания железобетонных столбиков и решеток, пропитанных в расплаве се-

ры, показали, что их свойства соответствуют требованиям, предъявляемым ГОСТ 18105—72 по однородности и прочности; ГОСТ 8829—77 — по жесткости и трещиностойкости; ГОСТ 10060—76 — по морозостойкости; ГОСТ 12730.5—78 — по водонепроницаемости; СНиП II-28-73 — по химической стойкости.

Расчет, выполненный на примере железобетонных стоек для виноградников, показал, что за счет увеличения долговечности, уменьшения материалоемкости (цемента, металла), снижения транспортных затрат экономический эффект от применения пропитанных серой конструкций по сравнению с непропитанными будет весьма значительным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патуроев В. В., Волгушев А. Н., Красильникова О. М. Пропитка бетонных образцов серой. В сб.: Исследования бетонов с применением полимеров. М., Стройиздат, 1980.
2. Легкие бетоны, пропитанные серой. ВНИИИС Госстроя СССР. М., 1980.
3. Мачавариани Р. Н., Татишвили Т. И., Циловани З. Н. Исследование свойств пропитанных серой легких бетонов на основе пористых заполнителей, получаемых из горных пород Грузии. В сб.: Исследование горных пород Грузии для производства легких пористых заполнителей и изделий на их основе. Тбилиси, 1981.
4. Рекомендация по технологии пропитки бетонных и железобетонных изделий в расплаве серы. Госстрой ГССР, ИСМиС АН ГССР. Тбилиси, 1982.

## Стандарты

УДК 691.327:666.97—134(083.74)

В. В. ПАТУРОЕВ, д-р техн. наук; А. Н. ВОЛГУШЕВ, канд. техн. наук (НИИЖБ); И. И. КОСТИН, инж. (Госстрой СССР)

## Стандарт на химически стойкие бетоны

Конструкции из полимербетонов и полимерсиликатных бетонов в последние годы довольно широко применяют в строительной практике. Качество этих материалов до настоящего времени не регламентировано государственными стандартами. Действующие многочисленные ведомственные инструкции, указания и рекомендации не всегда отвечают требованиям проектировщиков.

Госстандартом утвержден ГОСТ 25 246—83 «Бетоны химически стойкие. Технические условия», который распространяется на химически стойкие бетоны на основе фурановых, фураново-эпоксидных, полиэфирных, карбамидных, акриловых синтетических смол (полимербетоны) и жидкого натриевого или калиевого стекла с полимерной добавкой (полимерсиликатные бетоны). Эти бетоны предназначены для изготовления конструкций и изделий, работающих в условиях воздействия агрессивных сред, в том числе минеральных и органических кислот, солей, оснований, растворителей, нефтепродуктов.

В разработке стандарта принимали участие ведущие организации, занима-

ющиеся исследованием и проектированием конструкций из полимербетона и полимерсиликатного бетона, в том числе НИИЖБ, МИИТ, Гипроцветмет. В нем определены единые технические требования к полимербетонам и полимерсиликатным бетонам, предназначенным для изготовления химически стойких строительных конструкций. Целью разработки стандарта также является упорядочение деятельности всех заинтересованных организаций в области проектирования и изготовления таких конструкций.

В стандарт включены основные технические требования к химически стойким бетонам, материалам для их изготовления и методам контроля их характеристик. Химически стойкие полимербетоны и полимерсиликатные бетоны классифицированы по стойкости в агрессивных средах, виду связующего и заполнителей. В стандарте установлены марки на полимербетоны и полимерсиликатные бетоны по прочности на сжатие, осевое растяжение, по плотности и морозостойкости. Другие показатели качества в зависимости от условий и вида конструкций могут устанавливаться по ГОСТ 4.212—81.

В стандарт включены характеристики полимербетонов и полимерсиликатных бетонов по химической стойкости в зависимости от коэффициента химической стойкости  $K_{х.с}$ . Принято четыре оценки материала: высокостойкие ( $K_{х.с} > 0,8$ ), стойкие ( $0,5 < K_{х.с} \leq 0,8$ ), относительно стойкие ( $0,3 < K_{х.с} \leq 0,5$ ), нестойкие ( $K_{х.с} \leq 0,3$ ).

В обязательном приложении к стандарту дана методика определения коэффициента химической стойкости по изменению прочности образцов до погружения в среду и после выдержки в ней. Приведены значения коэффициента химической стойкости полимербетонов и полимерсиликатных бетонов на различных связующих и заполнителях при воздействии жидких сред.

Приложены перечень основных материалов, необходимых для приготовления полимербетонной и полимерсиликатной смеси, и соответствующие ссылки на ГОСТ и ТУ. Указаны требования к наполнителям и заполнителям по кислотостойкости и влажности.

Изложены основные требования к технологии приготовления смеси, режимам формирования, уплотнения и отверждения. Более подробно составы и технология приготовления даны в «Инструкции по технологии приготовления полимербетонов и изделий из них» (СН 525-80). В стандарте приведены основные методы контроля и испытаний.

Внедрение стандарта позволит упорядочить работу существующих и вновь строящихся заводов по выпуску изделий из полимерсиликатных бетонов и полимербетонов и унифицировать основные физико-механические характеристики изготавливаемой продукции.

И. М. ГРУШКО, Э. В. ДЕГТЯРЕВА, доктора техн. наук, профессора;  
Г. Н. СОБОЛЬ, Л. Д. МАРАКИНА, инженеры; В. Н. КОЗАКОВ, канд. техн. наук  
(ХАДИ); И. Г. ЛЬВОВСКИЙ, инж. (ПО Сумжелезобетон)

## Новый суперпластификатор для бетона

В последние годы в СССР и за рубежом разработаны высокоэффективные пластифицирующие добавки, названные суперпластификаторами [1, 2]. Одними из наиболее известных и широко используемых в промышленности являются ССБ [3] и продукт ее дополнительной переработки — СДБ, представляющие собой кальциевые, натриевые или другие лигносульфонаты. Однако эти добавки, увеличивая подвижность смеси, замедляют рост прочности бетона, поэтому иногда их используют в составе комплексных добавок, содержащих электролиты для ускорения гидратации цемента [4]. В некоторых случаях качество лигносульфонатов улучшают путем увеличения их пластифицирующего действия и снижения побочного отрицательного влияния на другие свойства бетона [5]. Это достигается укрупнением молекул лигносульфонатов (их конденсацией), а также обработкой различными модификаторами, основанной на способности окисленных и конденсированных лигносульфонатов образовывать комплексы с ионами  $\alpha$ -элементов.

В ХАДИ исследовали влияние модифицированного бихроматом калия лигносульфоната кальция с одновременным укрупнением молекул лигносульфонатов на пластификацию цементных растворов, бетонных смесей и прочность бетона.

Полученный в результате такой обработки раствор хромлигносульфоната кальция представляет собой темно-коричневую жидкость, содержащую 25—27% сухого вещества. Плотность его колеблется от 1,12 до 1,5 г/см<sup>3</sup>, вязкость при 25°C по воронке ГрозНИИ характеризуется временем истечения 4—10 с; pH=3,5—4,5. Введение добавки хромлигносульфоната кальция производится по ТУ 84-229-76, ее стоимость составляет 55—65 р. за 1 т. Мощность существующего цеха по производству хромлигносульфоната кальция рассчитана на несколько десятков тысяч тонн. Проектируется новый завод большей мощности.

Для исследования использовали среднеалюминатный цемент Балаклевского цементного завода активностью 42 МПа, содержащий 59% C<sub>3</sub>S, 15% C<sub>2</sub>S, 6% C<sub>3</sub>A, 12% C<sub>4</sub>AF и 5% гипса, песок с  $M_{np}=1,25$ , щебень гранитный прочностью 100 МПа. Эксперименты проводили с бетоном состава Ц : П : Щ = 1,0 : 1,5 : 3,0 с В/Ц = 0,45 на образцах размером 10×10×10 и 4×4×16 см при нормальном твердении и пропаривании по режиму 3+3+3+2 ч при температуре 85°C.

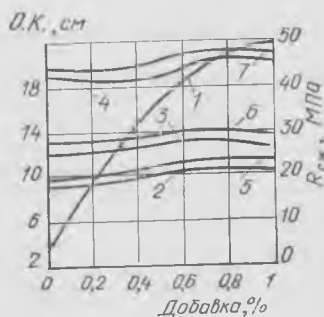


Рис. 1. Зависимость подвижности смеси (1) и прочности бетона от количества добавки раствора хромлигносульфоната кальция  
2 — после тепловлажностной обработки через 7 сут; 3 — то же, через 28 сут; 4 — нормального твердения через 3 сут; 5 — то же, через 7 сут; 6 — то же, через 28 сут; 7 — при В/Ц=0,45

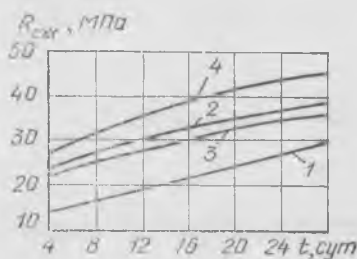


Рис. 2. Кинетика упрочнения бетона при О.К.=5—6 см (1, 2) и О.К.=3—4 см (3, 4)  
1, 3 — без добавки; 2, 4 — с добавкой 0,7% раствора хромлигносульфоната (0,175% на сухое вещество)

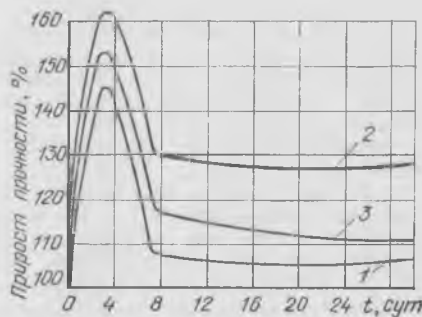


Рис. 3. Прирост прочности образцов при введении добавки раствора хромлигносульфоната кальция  
1 — 0,5%; 2 — 0,7%; 3 — 1%

Введение 0,4% добавки раствора хромлигносульфоната кальция снижает растекаемость цементного теста по сравнению с тестом без добавки в большей степени, чем пластификаторы СДБ и С-3. Однако при введении 0,5% этого раствора его пластифицирующее действие равно действию суперпластификатора С-3.

Введение раствора хромлигносульфоната в бетонную смесь приводит к интенсивному ее разжижению (рис. 1) без потери прочности после тепловлажностной обработки, а также нормального твердения.

Вместе с тем при введении 0,7% раствора хромлигносульфоната кальция при равноподвижных бетонных смесях содержание воды снижается на 16—20% и прочность бетона резко возрастает (рис. 2). Максимальный прирост прочности наблюдается при введении 0,7% раствора лигносульфоната (рис. 3), а увеличение количества добавки до 1% снижает его.

При сопоставлении упрочнения бетона с добавкой раствора хромлигносульфоната кальция и обычно применяемой 0,2%-ной СДБ видно, что прочность последнего близка прочности бетона без добавки, а бетон с добавкой СДБ, модифицированный бихроматом калия (т. е. хромлигносульфонатом кальция) значительно превышает эти значения (рис. 4). При введении 0,7% раствора хромлигносульфоната возрастает предел прочности не только при сжатии, но и при изгибе по сравнению с контрольным образцом и образцами с добавкой СДБ.

Введение хромлигносульфоната кальция позволяет увеличить прочность бе-

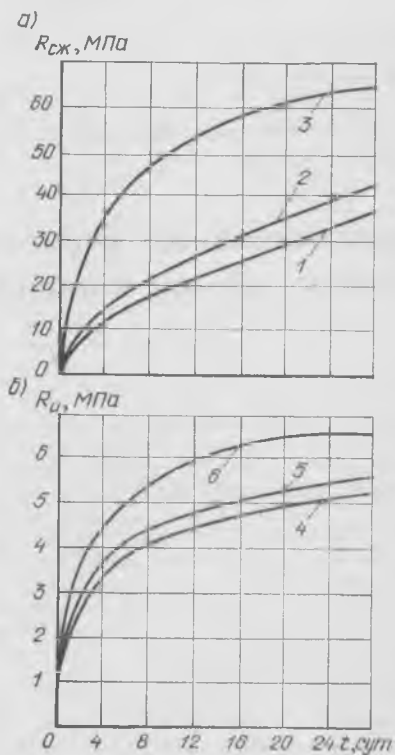


Рис. 4. Кинетика упрочнения бетона

а —  $R_{сж}$ ; б —  $R_{н}$ ; 1, 4 — без добавки; 2, 5 — с добавкой 0,2% СДБ; 3, 6 — с добавкой 0,7% раствора хромлигносульфоната кальция

Таблица 1

Вид цемента	Содержание, %				Добавка раствора хромлигносульфоната, %	В/Ц	Прочность, МПа, в возрасте, сут		
	C <sub>8</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF			3	7	28
Среднеалюминатный	57,0	25,5	5,0	12,5	—	0,50	22,0/2,7	30,3/3,6	50,5/4,9
	57,0	25,5	5,0	12,5	0,7	0,50	23,9/2,6	33,5/3,8	50,7/4,9
	57,0	25,5	5,0	12,5	0,7	0,48	24,2/2,9	37,5/3,9	53,4/5,2
	57,0	25,5	5,0	12,5	0,7	0,45	29,3/3,2	49,5/3,9	61,2/5,3
Высокоалюминатный	65,0	13,0	5,0	17,0	—	0,50	23,8/2,8	27,6/3,5	47,1/4,3
	65,0	13,0	5,0	17,0	0,7	0,45	29,1/3,1	39,7/3,9	51,3/4,9
Высокоалюминатный	57,0	21,0	10,0	12,0	—	0,50	24,0/2,1	31,8/2,7	41,7/3,9
	57,0	21,0	10,0	12,0	0,7	0,45	30,8/2,9	37,6/3,2	45,6/4,1
Белитовый	45,0	35,5	4,5	15,0	—	0,50	14,4/1,7	21,4/2,1	37,3/4,1
	45,0	35,5	4,5	15,0	0,7	0,45	18,4/1,8	25,1/2,6	46,0/4,7

Примечания: 1. Цементы готовили на основе синтезированных минералов с введением дополнительно 4% гипса (сверх 100%).  
2. Перед чертой —  $R_{сж}$ , после черты —  $R_{изг}$ .

тона независимо от состава цемента (табл. 1) и вида используемого щебня (табл. 2), а также сократить время тепловлажностной обработки по сравнению со стандартным режимом 3+3+6+2 ч [6]. С течением времени после тепловлажностной обработки прирост прочности бетона с добавкой сохраняется.

#### Выводы

Введение СДБ, модифицированной бихроматом калия, интенсифицирует упрочнение бетона как при нормальном твердении, так и при тепловлажностной обработке. Испытания на ПО Сумжелезобетон показали, что введение добавки раствора хромлигносульфоната позволя-

ет снизить водопотребность бетонной смеси на 15—20% и увеличить распалубочную прочность изделий на 30—40%. При этом не требуется изменения технологической схемы производства бетонных и железобетонных изделий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Ф. М., Батраков В. Г., Москвин В. М. и др. Классификация пластифицирующих добавок на эффект их действия. — Бетон и железобетон, 1981, № 4.
2. Баженков Ю. М., Даева В. А., Пожков К. Н. и др. Улучшение свойств гипса с добавкой суперпластификатора. — Строительные материалы, 1979, № 11.
3. Ратинов В. Б., Розенберг Т. И. Добавки в бетон. М., Стройиздат, 1973.

Таблица 2

Режим ТВО, ч	$R_{сж}$ , МПа			$R_{изг}$ , МПа		
	после ТВО	через 28 сут	через 96 сут	после ТВО	через 28 сут	через 96 сут
<b>Гранитный щебень</b>						
3+3+6+2	29,2	49,9	54,2	4,9	6,4	7,8
	22,9	41,4	46,7	4,5	6,0	7,5
3+3+3+2	36,8	45,6	64,2	5,2	7,1	8,7
	25,3	39,0	54,5	4,4	6,8	8,2
2+2+4+2	30,2	37,8	59,8	5,2	6,9	8,2
	23,2	34,8	40,5	4,4	6,3	7,6
<b>Известняк</b>						
3+3+6+2	30,4	49,9	75,8	5,2	7,2	9,8
	22,3	45,0	56,2	4,9	6,7	8,2
3+3+3+2	31,4	60,2	78,2	5,6	8,2	8,9
	24,2	46,7	60,0	4,7	7,8	8,5
2+2+4+2	29,5	49,1	64,3	5,4	7,8	9,1
	24,2	44,3	47,6	4,8	7,2	7,3

Примечание. Над чертой — с добавкой 0,7% раствора хромлигносульфоната кальция, под чертой — без добавки.

4. Грушко И. М., Валяевский В. И., Козаков В. Н. Бетон с комплексными химическими добавками. — Автомобильные дороги, 1980, № 10.
5. Тарнарукский Г. М., Малинин Ю. С., Грибанова Н. В. и др. Новые пластифицирующие добавки к цементу и бетону. — Цемент, 1980, № 9.
6. Малинина Л. А., Работина Н. В. Поверхностно-активные добавки для бетона, подвергнутого тепловой обработке. — Бетон и железобетон, 1977, № 1.

УДК 666.973.6

И. А. ЛОБАНОВ, канд. техн. наук; Ю. В. ПУХАРЕНКО, Л. В. МОРГУН, инженеры (ЛИСИ)

## Безавтоклавные ячеистые бетоны, армированные синтетическими волокнами

Эффективность дисперсного армирования бетонов волокнами различного вида определяется в первую очередь их деформативными свойствами. Так, при  $E_b/E_m > 1$ , где  $E_b$  и  $E_m$  — модули упругости соответственно волокна и матрицы, возможно получение фибробетонов с повышенными по сравнению с исходным бетоном прочностными характеристиками, а при  $E_b/E_m < 1$  следует ожидать лишь повышения ударной прочности и снижения истреваемости материала.

В настоящее время большинство исследований проводится на бетонах, армированных стальными волокнами. Нами исследованы возможности использования волокон других видов, в частности неметаллических, для улучшения свойств материала. На основе положения о влиянии отношения  $E_b/E_m$  проанализирова-

ны варианты использования волокон различного происхождения для дисперсного армирования бетонов (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что применение низко модульных синтетических волокон для армирования ячеистых бетонов может оказаться не менее эффективным, чем использование высоко модульных стальных, стеклянных волокон для тяжелых мелкозернистых бетонов. Низко модульные синтетические волокна имеют к тому же ряд преимуществ перед другими материалами — они доступны, в то время как природные материалы типа асбеста или щелочестойкие волокна весьма дефицитны. Синтетические волокна высокотехнологичны — не ломаются при перемешивании, сравнительно легко распушаются из-за низкой адгезии друг к другу и т. д. Стоимость 1 м<sup>3</sup> бетона, ар-

мированного синтетическими волокнами, значительно меньше стоимости бетона, армированного стекловолокном или асбестом.

На основании результатов и анализа экспериментальных работ в качестве дисперсной арматуры для ячеистых бетонов неавтоклавного твердения нами предложены отходы синтетических волокон<sup>1</sup>. Исследования проводили на образцах-призмах размером 4×4×16 см и кубах с ребром 10 см, изготовленных из ячеистых бетонов объемной массой 400...1000 кг/м<sup>3</sup>. Образцы армировали капроновыми волокнами — отходами произ-

<sup>1</sup> А. с. № 863545. И. А. Лобанов, Ю. В. Пухаренко. Сырьевая смесь для получения ячеистых бетонов. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1981, № 34.

Вид бетона	$\gamma$ и модуль упругости, МПа·10 <sup>2</sup>	Вид волокна и модуль упругости, МПа·10 <sup>2</sup>				
		стальные фибры, $E_B=2100$	стекло- волокно, $E_B=700\dots$ 800	полипро- пилен, $E_B=80$	лавсан, $E_B=84$	капрон, $E_B=49$
Мелкозерни- стый плотный Ячеистый	$E_M=200\dots350$	10,5...6	4...2	0,4...0,2	0,4...0,2	0,2...0,1
»	$\gamma=400$ кг/м <sup>3</sup> , $E_M=8\dots10$	262,5...210	100...70	10...8	10,5...8,4	6,1...4,9
»	$\gamma=500$ кг/м <sup>3</sup> , $E_M=14\dots15$	150...140	57...46,7	5,7...5,3	6...5,6	3,5...3,3
»	$\gamma=600$ кг/м <sup>3</sup> , $E_M=20$	150	40...35	4	4,2	2,5

водства Ленинградского объединения льноджутовых и крученых изделий «Нева». Отрезки волокон диаметром 0,02 мм и длиной 10—30 мм ( $l/d=500\dots1500$ ) вводили в ячеистый бетон в количестве 1,2 и 3% массы. Для приготовления дисперсно-армированных ячеистобетонных смесей был использован турбулентный смеситель С-868Б (СБ-43Б). Образцы формовали по литевой технологии, их тепловая обработка осуществлялась в пропарочной камере при температуре 95°C.

Влияние дисперсного армирования на прочностные характеристики ячеистого бетона определялось на основе коэффициента эффективности ( $K_{эф}$ ):

$$K_{эф} = R_{р.и}^{фб} / R_{р.и}^б$$

где  $R_{р.и}^{фб}$  — предел прочности ячеистого фибробетона на растяжение при изгибе, МПа;  $R_{р.и}^б$  — предел прочности исходного ячеистого бетона на растяжение при изгибе, МПа.

Результаты исследований приведены на рис. 1.

Анализ полученных данных позволил установить, что оптимальная степень насыщения ячеистого бетона синтетическими волокнами находится в пределах 1—2% массы. Повышение процента армирования (до 3%) не приводит к увеличению прочности ячеистого фибробетона, создает значительные трудности при приготовлении смесей и формовании изделий (наблюдалось образование комков из волокон, не пропитанных бетонной смесью).

При изменении объемной массы исходного бетона от 400 до 800 кг/м<sup>3</sup> эффективность дисперсного армирования повышается. Это объясняется следующим образом. Разрушение ячеистого фибробетона происходит в результате нарушения сцепления на границе раздела «дисперсная арматура — матрица» и последующего выдергивания волокон из бетона. По мере повышения объемной массы увеличивается толщина и плотность межпоровых перегородок, а следовательно, и прочность сцепления бетона с синтетическими волокнами. Более полно используются прочностные свойства волокон, и тем самым повышается эффективность фибрового армирования.

Одновременно при увеличении объемной массы ячеистого бетона уменьшается разница между модулями упругости волокон и исходного ячеистого бетона. Когда отношение  $E_B/E_M$  становится критическим, коэффициент эффективности дисперсного армирования начинает снижаться. Одновременно и при объемной массе 1000 кг/м<sup>3</sup> прочность ячеистого фибробетона в 3...3,5 раза превышает прочность исходного бетона, так как во всем диапазоне объемных масс исследуемого материала отношение  $E_B/E_M$  остается больше единицы.

Влияние синтетических волокон на структуру порового пространства ячеистого бетона оценивалось в соответствии с ГОСТ 127304—78, при этом определялись общая пористость, объемы открытых (некапиллярных), капиллярных и условно-замкнутых (резервных) пор. Установлено, что общая пористость, определяемая, как известно, концентрацией цементного камня, степенью гидратации и количеством воды затворения, оказы-

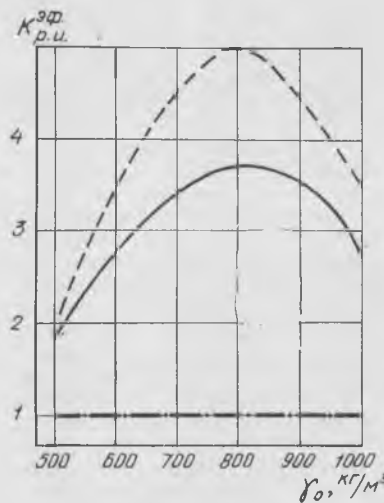


Рис. 1. Эффективность дисперсного армирования ячеистых бетонов

Бетон: 1 — без волокон; 2 — содержащий 1% волокон от массы твердых составляющих; 3 — содержащий 2 и 3% волокон от массы твердых составляющих

вается одинаковой в исходном ячеистом бетоне и в ячеистом фибробетоне. Однако полученные нами данные (табл. 2) свидетельствуют о том, что дисперсное армирование ячеистых бетонов синтетическими волокнами значительно уменьшает долю пор, доступных прониканию влаги.

Таблица 2

Характеристики поровой структуры ячеистого бетона	Насыщение бетоном волокнами, % по массе			
	0	1	2	3
Объем открытых (некапиллярных) пор, %	8	5	2	2
Объем капиллярных пор, %	67	61	55	55
Объем резервных пор, %	25	34	43	43
Отношение объема резервных пор к объему пор, заполненных водой	0,33	0,52	0,75	0,75

Данные табл. 2 подтверждают результаты исследований капиллярного подсоса ячеистого бетона, армированного синтетическими волокнами (рис. 2), проведенных в соответствии с ГОСТ 12852—67. Результаты свидетельствуют о том, что дисперсное армирование ячеистых бетонов синтетическими волокнами значительно уменьшает долю пор, доступных прониканию влаги. Образование преимущественно условно-замкнутой пористости в ячеистом фибробетоне

связано с созданием пространственного каркаса, пронизывающего матрицу во всех направлениях. При этом волокна, располагаясь в межпоровых стенках и контактируя друг с другом во всех направлениях, образуют замкнутые ячейки с заземленным воздухом.

Кроме того, введение дисперсной арматуры в ячеистый бетон существенно улучшает условия его структурообразования, приводит к созданию контактных зон повышенной плотности и прочности. Повышение прочностных характеристик и улучшение поровой структуры позволяет предположить, что ячеистый фибробетон должен обладать высокой морозостойкостью.

Морозостойкость конструктивно-теплоизоляционного ячеистого фибробетона оценивали по результатам испытания

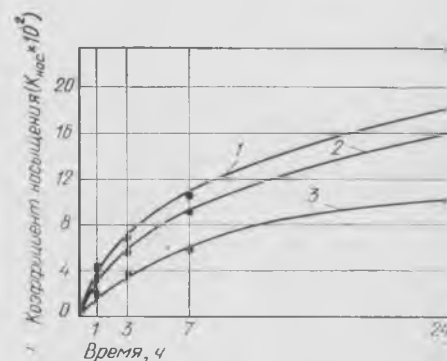


Рис. 2. Изменение капиллярного подсоса ячеистого бетона при насыщении его армирующими волокнами

Бетон: 1 — без волокон; 2 — содержащий 1% волокон от массы твердых составляющих; 3 — содержащий 3% волокон от массы твердых составляющих

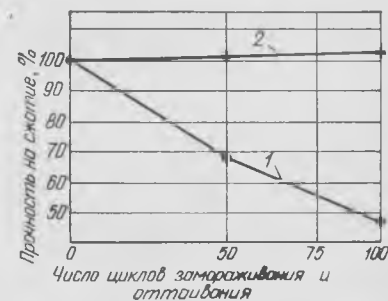


Рис. 3. Изменение морозостойкости ячеистого бетона при насыщении его армирующими волокнами

1 — без волокон; 2 — содержащий 1,5% волокон от массы твердых составляющих

образцов по ГОСТ 12852—77. Исследования показали, что введение дисперсной арматуры в виде отрезков синтетических волокон в оптимальных пределах (в данном случае 1,5% массы) существенно повышает морозостойкость материала. Так, после 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания прочность образцов из ячеистого фибробетона не снижалась, в то время как морозостойкость неармированного ячеистого бетона составила всего 30 циклов (рис 3).

В настоящее время ячеистый фибробетон проходит опытную проверку. Его использовали в качестве теплоизоляции стальных трубопроводов на изоляционно-сварочном заводе треста Ленгазтеплострой. Измельчение отходов синтетических волокон на отрезки необходимой длины осуществляется на машине РКО-2 завода «Вулкан», работающей по принципу гильотинных ножиц. Применение пенобетона, армированного синтетическими волокнами, вместо применяемого на заводе армопенобетона позволяет исключить металлическую арматуру и снизить расходы на тепловую обработку изделий. По предварительным данным, экономический эффект в этом случае составит 2,5 р/м<sup>3</sup>.

На ВДНХ СССР

## Опорные подушки теплотрасс

НИЛ ФХММ и ТП разработана технология и создано оборудование для производства опорных подушек теплотрасс из песчаного бетона. В состав оборудования входят одноместные и многоместные вибропрессы, которые позволяют формировать изделия с закладными деталями, причем фиксация их осуществляется с помощью электромагнитов, установленных на пуансонах вибропрессов.

Изделия формируются с немедленной распалубкой и последующей контейнеризацией для термообработки. Все процессы на вибропрессах автоматизированы. Созданное оборудование и технология позволили получать высококачественные изделия; отказаться от применения арматурных каркасов и дефицитного щебня; заменить использовавшиеся ранее сложные кассетные формы; в 15 раз увеличить выработку на одного рабочего.

## Контроль качества панелей внутренних стен

С помощью автоматизированной системы комплексного контроля качества панелей внутренних стен типа АСК-2 можно проверять прочность, геометрические размеры, величину защитного слоя и массу панелей внутренних стен всех типоразмеров. Прочность бетона определяется ультразвуковым импульсным методом; геометрические размеры панелей контролируются с помощью дифференциальных индуктивных датчиков перемещений соленоидного типа; масса панелей проверяется с помощью устройств тензометрического типа ЗДВУ-1; толщина защитного слоя измеряется с помощью прибора типа ИЗС-2. Регистрация результатов — цифровая и аналоговая.

Внедрение (на заводе ЖБИ № 4) установки типа АСК-2 позволило улучшить качество панелей внутренних стен, осуществить комплексный входной контроль за выпуском изделий всех типоразмеров, повысить производительность труда и культуру производства.

Разработчик — НИЛ ФХММ и ТП, 105058, Москва, ул. Ткацкая, 46.

## Заводское производство

УДК 69.057.12—413

И. Л. ЖИВОТОВСКИЙ, инж. (Госгражданстрой СССР); Ю. М. МУХИН, инж.; В. В. ЦЫРО, канд. техн. наук; Ю. И. ПОДСЫПАНИН, инж. (Минстрой СССР)

## Кассетно-конвейерная линия для крупнопанельного домостроения

Более половины объема выпускаемого для крупнопанельного домостроения железобетона составляют плоские элементы — панели внутренних стен (ВС), панели перекрытий (П) и др., которые традиционно изготавливают по стендовой технологии в многоотсечных кассетах.

Технология кассетного производства, отработанная за многие годы эксплуатации, обладает рядом преимуществ, заключающихся в серийном изготовлении оборудования, простоте обслуживания, достаточном высоком уровне механизации, сравнительно удовлетворительном качестве поверхностей изготавливаемых конструкций. В то же время она имеет и существенные недостатки — высокий уровень шума и воздействия вибрации на рабочих, обслуживающих кассеты; низкий съем готовой продукции с производственных площадей; неравномерность прочности бетона по высоте изделий; большой расход цемента и др. За период с 1959 г. кассеты выпускаются практически без принципиальной модернизации и к настоящему времени морально устарели. В то же время технология изготовления наружных стеновых панелей претерпела значительные изменения, и наиболее прогрессивным считается сейчас конвейерное производство.

В СССР и за рубежом ведутся работы по созданию механизированных кассетно-конвейерных линий для производства панелей внутренних, наружных стен и перекрытий, что позволяет избавиться от ряда существенных недостатков, присущих стендовой кассетной технологии.

Калининским ДСК и СКТБ Стройиндустрия Министра СССР разработана

экспериментальная кассетно-конвейерная линия для вертикального изготовления плоских панелей внутренних стен (ВС). В предложенной кассетно-конвейерной линии используется стандартное, серийное оборудование, и прежде всего основные узлы и детали типовых кассет 7412/21 и 7412/2. Учитывая, что в настоящее время в нашей стране находится в эксплуатации около 6000 морально устаревших серийных кассет, это в значительной мере облегчит процесс массового внедрения экспериментальной кассетно-конвейерной технологии и повысит степень надежности ее работы.

Конструкторской разработке предшествовала экспериментальная проверка технологических принципов, проведенная Калининским ОП ДСК на специальной экспериментальной кассете, которая явилась полупромышленной установкой (рис. 1). Эксперименты подтвердили технологические предпосылки, заложенные в проект, а также параметры изготовления — сроки предварительной термообработки, возможности укладки бетонной смеси и т. п.

Принцип работы технологической линии следующий. Бетонная смесь осадкой конуса 10—12 см загружается в два формовочных отсека, образуемых щитом с установленной на двух его плоскостях боргоснасткой (матрицей) и гладкими прогреваемыми щитами формовочной машины. После первичного твердения бетона щиты установки раздвигают, извлекают из нее матрицу с двумя изделиями и направляют изделие на вторичную термообработку в специальную камеру.

Затем изделия распалубливают, а

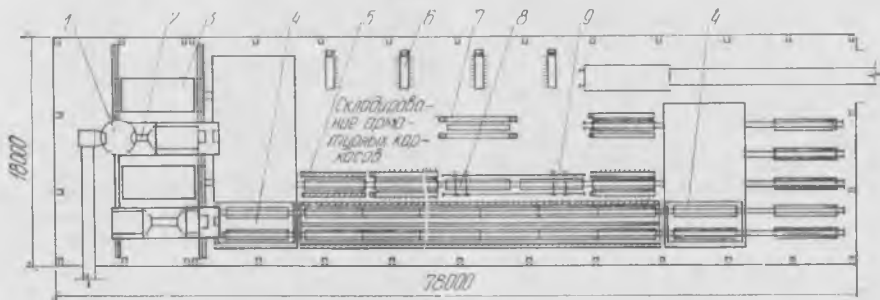


Рис. 1. Технологическая схема кассетно-конвейерного производства на Калининском ОП ДСК

1 — бетономешалка с пароразогревающим устройством; 2 — бетоноукладчик; 3 — формовочная установка; 4 — передаточная тележка; 5 — пост предварительного разогрева матрицы; 6 — стойки для установки панелей; 7 — стенд контроля изделий; 8, 9 — установки для чистки и смазки матрицы



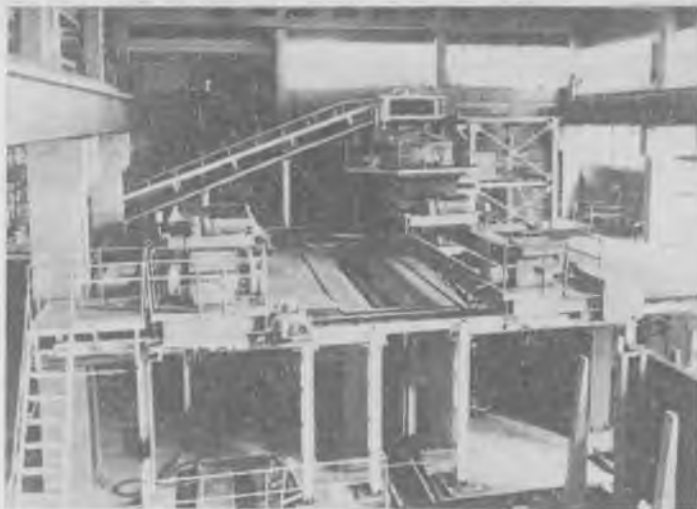


Рис. 2. Общий вид формирующей установки



Рис. 3. Конвейер подготовки вертикальных форм

матрицу чистят, смазывают, оснащают арматурным каркасом и устанавливают в формовочную машину. Для интенсификации процесса твердения бетона на первой стадии предусмотрено применение разогретой смеси. Расчленение операций по постам позволяет улучшать условия труда, поэтапно решать вопросы механизации производственных операций и повышать технико-экономические показатели производства.

Проектно-конструкторские разработки определили основные технические характеристики кассетно-конвейерной линии для Калининского ОП ДСК. Ее производительность — 30 тыс. м<sup>3</sup> в год, или 150 тыс. м<sup>2</sup> полезной площади в год, с/ем с 1 м<sup>2</sup> производственной площади — 21,4 м<sup>3</sup> изделий; установленная мощность оборудования — 250 кВт, его металлоемкость — 493 т, в том числе 188,4 т матриц.

Кассетно-конвейерная линия представляет собой горизонтально-замкнутый конвейер, в состав которого входит 5 постов и переделов с перемещаемыми в вертикальном (рис. 2) положении матрицами (рис. 3). Приготовленная и предварительно разогретая бетонная смесь подается на пост формования. Формовочные осуществляются в разработанной на базе серийно выпускаемых кассет специальной установке. Она представляет собой два крайних тепловых отсека (один подвижный, другой неподвижный) с распалубочной машиной. В формовочную установку закатывается матрица, являющаяся отсеком типовой кассеты, установленным на двух колесных парах от поддона СМЖ-3010. На матрице крепятся необходимые в соответствии с номенклатурой изделий оснастка, арматура, закладные детали и т. п.

После установки матрицы распалубочной машиной прижимается подвижной крайний щит, и начинается процесс бетонирования панелей.

Бетонная смесь укладывается с помощью бетоноукладчика, разработанного на базе типового СМЖ-166А, который перемещается над формовочной установкой. Кроме того, в состав формовочной установки входит специальное устройство, на котором распо-

жены щетки для чистки щитов и приспособления для смазки. Чистка и смазка поверхностей формирующей установки производится в принудительном порядке после каждого цикла формования.

Бетонную смесь уплотняют навесными вибраторами непосредственно на щитах формирующей установки (в окле паровой рубашки).

Процесс термообработки изделий осуществляется паром, подаваемым через инжекционную систему в отсеки формовочного блока и в отсек матрицы. Время термообработки в блоке составляет 60 мин при температуре +80°С, что обеспечивает достижение бетоном достаточной прочности для частичной распалубки изделия.

После предварительной термообработки отформованные изделия (2 шт.) на матрице выкатывают на передаточную двухпостовую тележку, выполненную на базе тележки марки 2693/2. Толкателем этой же тележки они подаются в вертикальную щелевую камеру, состоящую из двух отсеков. Всего в камере устанавливают по 6 матриц в отсеке, т. е. одновременно 12 матриц. В результате термообработки изделие набирает отпущенную прочность.

Из камеры термообработки матрица с готовыми изделиями подается на вторую передаточную тележку (по аналогии с первой) и с ее помощью — на пост распалубки. Съем изделий осуществляется крапом. Далее матрицу подают на пост переналадки или двигают с помощью конвейера на пост чистки и смазки специальными приспособлениями. Затем ее передвигают на посты установки оснастки и арматуры. С помощью передаточной тележки подают в формирующую установку. На этом технологический цикл основного производства замыкается.

Отформованные панели подают крапом на акустический щит для определения прочности, а затем — на участок доводки и на склад готовой продукции.

В настоящее время кассетно-конвейерная линия Калининского ОП ДСК находится в стадии промышленной эксплуатации, достигнута проектная производительность ее основных технологических переделов.

Экономический эффект линии оценивается суммой 2,36 р. на 1 м<sup>3</sup> изделий. Кроме того, обеспечивается снижение металлоемкости оборудования на 36%; снижение энергоемкости на 30%; снижение трудозатрат на 30%; сокращение капитальных вложений на 20—25%; сокращение производственных площадей на 50%.

Наряду с существенным сокращением числа работающих значительно улучшаются условия труда. Вибрация не воздействует на формовщиков, укладка бетона производится бетоноукладчиком. Появляется возможность автоматизировать все технологические процессы с использованием ЭВМ.

На основе отработанных на экспериментальной кассетно-конвейерной линии процессов Минстрой СССР предусматривает широкое внедрение данной технологии при перевооружении домостроительных комбинатов различной мощности. Например, перевод ДСК мощностью 240 тыс. м<sup>2</sup> общей площади в год на выпуск 38 тыс. м<sup>3</sup> в год внутренних панелей стен по кассетно-конвейерной технологии может обеспечить по сравнению с традиционной экономический эффект в сумме 203,6 тыс. р., или 5,35 р/м<sup>3</sup>. При этом с/ем с 1 м<sup>2</sup> производственной площади составляет 17,6 м<sup>3</sup> (или 160% к базовому варианту), капитальные затраты сокращаются на 55,4%.

Следует отметить, что по разработанной технологии можно организовать производство и других железобетонных изделий, например плит перекрытий и др.

Широкое внедрение кассетно-конвейерной технологии на реконструируемых и строящихся домостроительных комбинатах позволит значительно повысить эффективность строительства, улучшить качество изделий, снизить металлоемкость и энергоемкость технологического оборудования при значительном увеличении производительности труда в заводском производстве изделий крупнопанельных домов. Существенным достоинством этой линии является возможность выпуска без останков производств изменяемой номенклатуры изделий.

Л. И. АБРАМОВ, канд. техн. наук (МИСИ); П. В. ТРОСТЯНСКИЙ, инж. (НИИОУС при МИСИ)

## Организационно-техническое обеспечение несущей способности панельных домов

Анализ аварий и повреждений жилых и гражданских зданий показывает, что основные их причины возникают на этапе строительного производства. В большей мере они связаны с неудовлетворительным качеством изготовления и монтажа несущих конструкций и узлов сопряжений. Полное соблюдение технологии изготовления и монтажа конструкций зданий позволяет обеспечить проектные и нормативные допуски, а следовательно, и требуемую несущую способность монтируемых объектов. Однако в условиях строительства достаточно часто возникают погрешности производства работ, значительно превышающие допускаемые. Это снижает общий уровень несущей способности домов и приводит к аварийному состоянию.

Появление таких погрешностей обусловлено недостаточной точностью и стабильностью технологического процесса, вызванными низким уровнем организации и технического оснащения процесса возведения, организации труда, контроля качества, а также низкими социально-психологическими факторами. Для обеспечения требуемой несущей способности монтируемых домов необходимо выявить наиболее значимые организационно-технические и социально-психологические причины ее снижения и пути их устранения.

Для реализации методики обеспечения несущей способности монтируемых объектов в процессе их строительства необходимо разработать метод оценки уровня их несущей способности, а также установить характер и степень влияния наиболее значимых организационно-технических и социально-психологических факторов на данный уровень.

В МИСИ были проведены соответствующие теоретические и натурные исследования крупнопанельных зданий.

Наиболее уязвимыми местами в панельных домах являются платформенные стыки внутренних несущих стеновых панелей с плитами перекрытий, так как они в основном определяют несущую способность и долговечность домов. Исследованиями МНИИТЭП получена функциональная зависимость несущей способности платформенного стыка от определяющих ее прочностных и геометрических параметров с учетом погрешностей производства работ. Для расчетного сечения в уровне опорной зоны стеновой панели она имеет следующий вид:

$$N = 0,1 R_{пр} b \left( 1 - \frac{0,8 h_{ш}/b'}{0,25 + R_{ш}/R_{пр}'} \right) \times \left( 1 - \frac{d_c + d_n}{b'} \right) \frac{b_1 + b_2}{b'} \quad (1)$$

где  $R_{пр}^*$ ,  $R_{пр}$  — проектная и фактическая призмённая прочность бетона стеновой панели;  $b'$ ,  $b$  — проектная и фактическая толщина стеновой панели;  $R_{ш}$  — фактическая прочность раствора шва;  $h_{ш}$  — фактическая толщина растворного шва;  $d_c$ ,  $d_n$  — фактическое смещение и наклон стеновой панели;  $b_1 + b_2$  — фактическая суммарная глубина площадок опирания плит перекрытий на стеновую панель.

Приведенную функциональную зависимость можно использовать при оперативном контроле и оценке фактической несущей способности конкретного платформенного стыка. Для оценки уровня несущей способности в целом панельного дома необходим статистический анализ по случайной выборке стыков. Однако такой подход затруднен из-за наличия в панельном доме нескольких видов платформенных стыков (четыре и более), которые характеризуются различными значениями проектной марки бетона и толщины стеновых панелей. Это приводит к появлению соответствующего числа распределений показателя несущей способности, равного числу типов стыков, и не позволяет однозначно оценить уровень несущей способности дома.

Для преодоления этих методических трудностей предлагается преобразовывать статистические распределения несущей способности стыков, как проектные, так и фактические, в распределения их относительных значений:

$$n^0 = \frac{N}{N_{пр}} \quad (2)$$

где  $n^0$  — случайная относительная несущая способность платформенного стыка (ОНСПС);  $N$  — случайная несущая способность данного типа платформенного стыка (НСПС), вычисленная по (1);  $N_{пр}$  — математическое ожидание проектного распределения несущей способности данного типа платформенного стыка.

Проектные распределения несущей способности по каждому типу стыка можно получить методом статистического моделирования с использованием функциональной зависимости (1). При этом допускаемые отклонения геометрических и прочностных параметров стыка должны быть по теории допусков представлены нормально распределенными, а обеспеченность их должна составлять 99,73 %. Учитывая общность методического подхода для расчета НСПС, следует ожидать, что распределения их относительных значений будут одинаковыми для различных типов платформен-

ных стыков, что упрощает статистический контроль и оценку.

Для подтверждения этого положения было проведено статистическое моделирование проектных распределений ОНСПС применительно к панельным домам трех серий (П-43/16, П-44/16, П-3/16). Анализ полученных результатов показал, что значения математических ожиданий полученных проектных распределений ОНСПС равны 1; значения среднеквадратических отклонений, а следовательно, и дисперсий по каждому типу стыка достаточно близки.

Оценка близости дисперсий по критерию Фишера подтвердила гипотезу о принадлежности статистических рядов ОНСПС к одной генеральной совокупности. Это позволяет получить одно проектное (для каждой серии домов) и одно фактическое (для конкретного дома) распределение показателя ОНСПС для оценки достигнутого общего уровня несущей способности конкретного панельного дома, а также совокупности домов одной серии. Так, среднее значение и дисперсия показателя качества стыков в целом по обследованным домам соответственно составили:  $\bar{n}^0 = 0,997$ ;  $n^0 = 0,0291$ . Получаемые средние значения фактического распределения ОНСПС и его дисперсия позволяют также оценить соответственно точность и стабильность технологического процесса по обеспечению требуемого уровня несущей способности одного или нескольких панельных домов.

Помимо этих мероприятий была составлена общая классификация факторов, влияющих на точность и стабильность технологического процесса по обеспечению требуемого уровня несущей способности домов; отобраны методом априорного ранжирования наиболее значимые факторы и осуществлена их количественная оценка; проведены визуальные наблюдения за статистическими показателями уровня несущей способности панельных домов и показателями организационно-технических факторов; проведен анализ построенных методом многофакторного подбора многофакторных регрессионных моделей зависимости статистических показателей уровня несущей способности от показателей организационно-технических факторов.

Для составления общей классификации были использованы три основные группы факторов: организационные, технические и социально-психологические. Кроме того, группа организационных факторов была разделена на три подгруппы: организации производства, труда и контроля качества. Количественно показатели были представлены процентом соответствия фактического уровня каждого из них требуемому проектом производства работ, ГОСТом, нормативным документом или современному уровню научно-технического прогресса. В целом показатели организационно-технических факторов характеризовали тот или иной уровень организации технологического процесса возведения по каждому из монтируемых домов и находились в пределах от 0 до 1.

В результате априорного ранжирования были отобраны 10 наиболее значимых факторов, за которыми в дальнейшем проводили наблюдения. Были обследованы 90 панельных домов трех

серий, строящихся в Москве. Полученную информацию обрабатывали на ЭВМ «Минск-32» по стандартной программе анализа множественной корреляции и регрессии. При построении многофакторных регрессионных моделей методом многошагового подбора было использовано несколько видов управлений (линейное, квадратичное, показательное, комбинированное). Анализ критериев по каждому виду уравнений регрессии показал, что лучше остальных аппроксимирует результаты наблюдений уравнение линейного вида. В целом для московских ДСК влияние организационно-технических факторов на статистические показатели уровня несущей способности панельных домов характеризуется следующими зависимостями:

$$x_1 = 58,038 \cdot 10^{-3} - 8,076 \cdot 10^{-3} x_3 - 6,357 \cdot 10^{-3} x_4 - 11,252 \cdot 10^{-3} x_5 - 3,391 \cdot 10^{-3} x_6 - 7,975 \cdot 10^{-3} x_7 - 1,631 \cdot 10^{-3} x_9; \quad (3)$$

$$x_2 = 85,276 \cdot 10^{-2} + 5,485 \cdot 10^{-2} x_3 + 5,411 \cdot 10^{-2} x_5 + 0,596 \cdot 10^{-2} x_6 + 6,014 \cdot 10^{-2} x_7 + 2,322 \cdot 10^{-2} x_9, \quad (4)$$

где  $x_1$  — дисперсия фактического распределения показателя относительной несущей способности платформенных стыков панельного дома;  $x_2$  — среднее значение фактического распределения показателя относительной несущей способности стыков того же дома;  $x_3$  — показатель соответствия разряда рабочих разряду работ;  $x_4$  — показатель степени

охвата контролем качества технологических факторов (геометрические и прочностные характеристики);  $x_5$  — показатель технической оснащённости монтажных бригад;  $x_6$  — показатель соответствия конструкций и материалов требованиям ГОСТа;  $x_7$  — показатель соблюдения технологической последовательности монтажа;  $x_9$  — показатель условий труда.

Поскольку в уравнения (3) и (4) входят показатели одних и тех же организационно-технических факторов, для установления однозначности совокупного влияния данных факторов на уровень несущей способности панельных домов целесообразно использовать функциональную зависимость нормированной величины  $z$ , которая характеризует безопасность конструкций. Применительно к показателю относительной несущей способности платформенных стыков эта зависимость имеет вид

$$z = \frac{\bar{n}^0 - n_{\text{пред}}^0}{\sqrt{\bar{n}^0}}, \quad (5)$$

где  $\bar{n}^0$  — среднее значение распределения показателя;  $\bar{n}^0$  — дисперсия распределения показателя;  $n_{\text{пред}}^0$  — предельное значение показателя несущей способности стыка, которое вычисляется путем введения в (1) максимально допускаемых проектом и нормативом случайных геометрических и прочностных параметров с последующим использованием зависимости (2). Для обследованных серий оно составило 0,3.

Подстановив в (5) зависимости (3) и (4) и вычислив стандартизованных  $\beta$ -коэффициентов показывают изменение

среднего значения  $z$  по совокупности обследованных домов с изменением соответствующего фактора на одно среднеквадратическое отклонение. Это позволило проранжировать факторы по степени их влияния на общий уровень несущей способности панельного дома в такой последовательности:  $x_5, x_3, x_7, x_4, x_9, x_6$ .  $\beta$ -коэффициенты имеют следующие значения:  $\beta_{x_5} = 0,35$ ;  $\beta_{x_3} = 0,31$ ;  $\beta_{x_7} = 0,17$ ;  $\beta_{x_4} = 0,11$ ;  $\beta_{x_9} = 0,04$ ;  $\beta_{x_6} = 0,02$ .

Согласно полученным факторам разрабатывают соответствующие организационно-технические мероприятия для повышения точности и стабильности технологического процесса по обеспечению несущей способности панельных домов до требуемого уровня. Предлагаемая методика была частично апробирована на объектах Главмостроя, а в настоящее время внедряется на ДСК-2 Главленинградстроя.

#### Выводы

Предлагаемая методика организационно-технического обеспечения качества панельных домов позволяет комплексно и однозначно оценивать уровень несущей способности смонтированного здания, а также точность и стабильность технологического процесса по обеспечению данного уровня; научно обоснованно разработать организационно-технические мероприятия по обеспечению требуемого уровня несущей способности домов; повысить общий уровень качества панельных домов и исключить возможность их аварийного состояния; высвободить резервы прочности конструкций, заложенные проектировщиками для страховки от излишних погрешностей производства работ.

УДК 624.93:69.002.2

К. А. ГЛУХОВСКОЙ, канд. техн. наук (Главзапстрой Минстроя СССР)

## Индустриальные методы сооружения монолитных и сборно-монолитных конструкций

Несмотря на то что отечественное строительное производство располагает мощной базой по обеспечению объектов сборными бетонными и железобетонными конструкциями весьма широкого ассортимента, ежегодно повышаются роль и абсолютные объемы выполнения монолитных и сборно-монолитных конструкций. Это объясняется значительным увеличением объемов реконструкции, повышением архитектурно-планировочных требований, усложнением технологии эксплуатации объектов. Все это отражается на строительных конструкциях, которые не всегда могут быть рационально решены в сборном варианте. В ряде случаев монолитное исполнение конструкций обосновано дальностью размещения баз или заводов по изготовлению сборных элементов, неоправданным усложнением технологии возведения

объекта монтажным способом с разбивкой его на этапы, необходимостью использования мощной строительной техники и т. д.

Увеличению доли монолитного строительства способствует также значительный качественный сдвиг в механизации и оснащении прогрессивной оснасткой этапов приготовления, транспортировки и укладки бетонных смесей. Индустриализация этого вида работ вследствие эксплуатации новых и модернизации действующих бетонных заводов, широкого использования прогрессивных средств доставки смесей в автобетоновозах, в том числе с мультимедийными кузовами, применение трубопроводных методов подачи и укладки бетона в унифицированные самонесущие опалубки многоцелевого назначения — все это делает монолитное и сборно-монолитное

строительство вполне конкурентоспособным со сборным.

В зависимости от назначения и конфигурации монолитных конструкций трудоемкость их выполнения колеблется по стране в значительных пределах, однако в среднем доля арматурных работ составляет 20—30%, опалубочных — 30—40%, а процесса укладки бетона и ухода за ним — 30—50% общей трудоемкости.

Если этап армирования сравнительно обеспечен едиными прогрессивными индустриальными решениями (укрупнительная сборка и монтаж арматурных сеток и каркасов, анкерных блоков, трубных разводов, унификация закладных элементов и т. д.), то процессы опалубки и укладки бетонной смеси пока решаются многозначно.

Монолитные конструкции бетонируются;

безопалубочным методом, например в нулевых циклах («в распор» к грунту); с установкой по жесткому арматурному или специальному каркасу металлических или синтетических сеток с мелкой ячейкой и последующей затиркой поверхности и т. д.

В несъемных опалубках, конструктивных или включаемых в работу конструкции, — армоцементных, стеклоцементных, асбестоцементных, железобетонных и др.;

в съёмных опалубках — скользящих, объемно-пространственных, блок-формах, крупно- и мелкощитовых и т. п. самых различных конструктивных решений.

Несмотря на тенденцию к увеличению удельной доли несъемных опалубок, в строительном производстве преобладают съёмные опалубочные оснастки. Широкое применение на стройках получили опалубки типа «Монолит»: вначале «Монолит-72», а затем усовершенствованные ее модификации — «Монолит-76» и «Монолит-77».

Однако ряд недостатков опалубок типа «Монолит» (в первую очередь большое количество марок в комплекте, в том числе щитов и элементов жесткости) и стремление приблизить решения оснастки к особенностям выполняемых монолитных конструкций привели к созданию более широкого ассортимента съёмных опалубок.

Следует признать, что, несмотря на значительные усилия, в частности ЦНИИОМТП Госстроя СССР, по созданию единой общесоюзной номенклатуры опалубочных оснасток универсального назначения и тенденции к сокращению разнотипности опалубок в ведущих строительных министерствах и ведомствах, вопрос этот все еще остается открытым. К сдерживающим причинам можно отнести крайне разнообразие в решениях монолитных конструкций и сооружений, а также отсутствие в значительной части строительных организаций возможностей по централизованному изготовлению опалубочных оснасток, достаточного сложных конструктивно.

Главапострой Минстроя СССР обеспечивает строительство и реконструкцию объектов и комплексов в Ленинграде и области с преобладанием промышленного направления. Годовая программа главка по генподряду составляет около 500 млн. р., а собственными силами — более 400 млн. р. строительно-монтажных работ.

Организации Главпострой ежегодно укладывают более 1 млн. м<sup>3</sup> монолитного бетона и железобетона, причем до 1979 г. бетонную смесь укладывали, как правило, традиционным способом «кран-бадья», что требовало привлечения более 3000 рабочих.

В последние годы службы главка с участием Технического управления и треста Оргтехстрой ведут активную работу по снижению трудоемкости строительства из монолитного бетона в следующих основных направлениях: совершенствование опалубочно-арматурных работ; унификация геометрических параметров проектируемых монолитных сооружений и поиски рациональных сборно-монолитных решений; совершенствование способов доставки и укладки бетонной смеси.

Строителями Главпострой накоплен богатый опыт использования различных

конструкций опалубок и сопутствующих приемов работ: широко применяются несъемные опалубки, инвентарные блок-формы и щиты, стаканообразователи. Освоены блочно-пазовый метод укрупнительной сборки анкерных болтов в блоки, поточная заготовка и использование комплексных армоопалубочных и армоопалубочно-анкерных блоков. Внедряется метод раздельного бетонирования фундаментов и набетонки с последующим объединением их анкерными сетками типа «зигзаг», что резко сокращает номенклатуру фундаментов и упрощает технологию их выполнения.

Главапострой явился инициатором использования унифицированных дырчатых блоков при сборно-монолитном исполнении различных сооружений нулевых циклов, в первую очередь технологического назначения. Эти конструкции получили широкое распространение.

Другим примером индустриализации возведения толстостенных и массивных сооружений в сборно-монолитном безопалубочном исполнении является строительство камер дефектоскопии на Ижорском заводе. Совместно с трестами № 35 и Оргтехстрой разработаны чертежи сборных универсальных железобетонных блоков таврового сечения массой до 20 т, используемых в качестве опалубочных элементов как для стен, так и для перекрытий. Блоки, включаемые в работу возводимой конструкции, могут применяться и в совокупности с железобетонными панелями типа ППБ. Пазухи между собранными элементами заполняются бетоном с помощью автобетононасосов. Вся номенклатура таких блоков изготавливается в единой унифицированной опалубочной форме. Такое решение одобрено и уже используется проектными организациями для ряда проектируемых объектов Ижорского завода и некоторых других заказчиков.

Наряду с безопалубочным методом, внедрением несъемных опалубок и сборно-монолитными решениями сооружений большое распространение получили инвентарные опалубочные блок-формы различных конструкций. Последние предназначены в основном для бетонирования фундаментов или роствершков под каркасы зданий, причем основным материалом опалубки является водостойкая (бакелизированная) фанера. В состав опалубочного комплекта входит набор инвентарных стаканообразователей, в том числе с резиновыми обоями, и фиксаторных балок для выверки закладных и анкерных болтов. Блок-формы позволяют повысить индустриальность выполнения фундаментов также и путем предварительной заготовки армоопалубочных и армоопалубочно-анкерных блоков.

Щитовые съёмные опалубки, базируясь на решениях типа «Монолит», до 1979 г. отличались у нас тем не менее разнообразием конструкций и модификаций, что резко затрудняло работу с проектными организациями по унификации размеров монолитных сооружений и их типизации. Основным их недостатком является необходимость изготовления и использования при сборке большого числа типоразмеров щитов, различного крепежа, дополнительных ребер жесткости, схваток, подкосов и других элементов, что в значительной мере затрудняет сохранность комплекта опалубки и

увеличивает трудоемкость ее эксплуатации.

В результате изучения широкой номенклатуры монолитных сооружений и конструкций, прогрессивных видов щитовых опалубок, в том числе зарубежных, было признано целесообразным создание в Главпострое единого парка самонесущей щитовой опалубочной оснастки многоциклового назначения с максимальным сокращением марок в комплекте, унификацией узлов соединений и деталей крепежа.

В настоящее время изготовлены рабочие чертежи и налажен централизованный выпуск базовой для всех подразделений главка самонесущей опалубочной оснастки «Главапострой», используемой для возведения массивных, столбчатых и тонкостенных сооружений различного назначения. В комплекте опалубки — всего 4 типа щитов; доборно-угловые вставки двух видов позволяют производить инвентарное опалубливание с модулем 100 мм, в том числе лобных углов в диапазоне от 30 до 300°. Оснастка рассчитана на 100-кратную оборачиваемость, но требует установки дополнительных элементов жесткости, весьма экономична как по расходу металла и бакфанеры, так и по трудоемкости ее использования. Эффективность использования такой оснастки составляет 524 р. и 70 чел.-дн. на каждые 1000 м<sup>2</sup> опалубливаемой поверхности; производительность труда возрастает на 23,3%.

Главапостроем широко применяются несъемная бетонная, армоцементная опалубки, безопалубочный метод бетонирования, в том числе в вытрамбованных котлованах, осваивается фибробетонная опалубка, в стадии изготовления установка по производству опалубки из стекловолокна.

Выбор способов доставки и укладки бетонной смеси также влияет на общую трудоемкость возведения монолитных конструкций и сооружений, особенно при реконструкции промышленных объектов в сложных гидрогеологических условиях Ленинграда и области. Наряду с подачей бетона ленточными самоходными бетоноукладчиками УБТ-1 в главке создана колонна из самоходных и прицепных бетононасосов с раздаточными стрелами, представленными в основном маркой ВРФ-1406 на базе автомобиля КраЗ-257. В состав колонны включены бетононасос для торкретирования и круговые бетоноукладчики Р-10-125 с раздаточными стрелами.

Бетон в зону работ доставляют несколькими видами транспорта: обычными самосвалами (с загрузкой через бункер-дозатор емкостью 4 м<sup>3</sup> с гидроприводом); автобетоносмесителями СБ-69 емкостью 2,5 м<sup>3</sup> и СБ-92 емкостью 3,5 м<sup>3</sup>, а также специальными бетоновозами с мультобразными кузовами.

Для улучшения организации централизованного приготовления бетонной смеси при трубопроводном способе укладки Главпострой закупил и эксплуатирует бетонные заводы фирмы «Баукема» производительностью 40 м<sup>3</sup>/ч каждый.

Эти направления должны привести в дальнейшем к концентрации всего бетоноукладочного комплекса, что позволит создать комплексные бригады, работающие на один наряд.

## Приближенный метод расчета неразрезных балок с учетом перераспределения усилий

Расчет неразрезных железобетонных балок как упругих систем соответствует действительному распределению усилий лишь при невысоких нагрузках, не вызывающих образования трещин и значительных неупругих деформаций бетона и арматуры. При действии эксплуатационных нагрузок расчет упругой системы становится неприемлемым.

Для определения усилий при расчете неразрезных балок по второй группе предельных состояний Руководство [1] рекомендует итерационный метод, позволяющий с помощью ЭВМ наиболее точно оценивать перераспределение моментов. Однако для упрощения расчетов допускается использование и приближенных методов [1].

В работе [2] была предложена условная расчетная модель балки с жесткими дисками, соединенными в местах максимальных моментов упругоподатливыми связями, из рассмотрения которой выведена приближенная зависимость между опорными и пролетными моментами:

$$\frac{M_{оп}}{M_{пр}} = \frac{B_{оп}}{B_{пр}} \cdot \frac{F_{оп}}{F_{пр}} \cdot \frac{\Delta l_{пр}}{\Delta l_{оп}} \quad (1)$$

где  $\frac{B_{оп}}{B_{пр}}$ ,  $\frac{F_{оп}}{F_{пр}}$ ,  $\frac{\Delta l_{пр}}{\Delta l_{оп}}$  — соотношения жесткостей податливых связей, углов надлома жестких дисков и длин податливых участков в пролете и на опоре.

Применимость формулы (1), однако, ограничена в связи с тем, что определение  $\frac{\Delta l_{пр}}{\Delta l_{оп}}$  затруднительно в случае сложной нагрузки.

Исходя из схемы балок с жесткими дисками и на основе формулы (1) Руководством [1] рекомендован практический метод оценки перераспределения усилий в эксплуатационной стадии работы неразрезных балок. Опорные моменты  $M_{оп}^y$ , вычисленные как для однородной упругой системы, умножают на поправочные коэффициенты  $\chi$ , учитывающие неодинаковую жесткость опорных и пролетных сечений после образования трещин:

$$M_{оп} = \chi M_{оп}^y \quad (2)$$

Коэффициенты  $\chi$ , установленные по эмпирическим формулам, зависят от вида нагрузки и пролета балки.

Указанные приближенные методы основаны на следующих расчетных предпосылках: жесткость наиболее напряженных сечений после появления трещин снижается почти до минимума и при дальнейшем росте нагрузки остается практически неизменной; трещины имеют-

ся как в опорных, так и в пролетных сечениях.

Эти положения применимы для неразрезных балок с ненапрягаемой арматурой, а расчет по формулам (1), (2) во многих случаях дает достаточное для практических целей совпадение с опытными данными.

Однако при распространении указанных приближенных методов расчета на неразрезные балки с высокопрочной арматурой могут встретиться затруднения. В таких конструкциях жесткость расчетных сечений после образования трещин снижается плавно и достигает минимума при нагрузках, близких к разрушающим. Кроме того, при различном армировании и уровне обжатия опорных и пролетных сечений образование трещин в местах максимальных моментов может разделяться несколькими этапами загрузки. В этих условиях указанные методы оказываются неприемлемыми [2].

В связи с этим можно рекомендовать следующий приближенный метод расчета неразрезных железобетонных балок, основанный на нескольких иных принципах. До образования первых трещин расчет балок производится как однородных упругих систем. В интервале от момента образования первых трещин до предельных моментов при разрушении зависимость между перераспределенными опорными или пролетными моментами и нагрузкой принимается линейной. Поскольку между нагрузкой и моментами по расчету упругой системы существует прямая пропорциональность, то очевидно, что линейная зависимость отмечается также между перераспределенными и

соответствующими упругими моментами (см. рисунок). Это позволяет получить значения перераспределенных моментов при любых видах нагрузок и схемах балок путем линейной интерполяции в промежутке между значениями моментов образования первых трещин и предельными моментами в пластических шарнирах при исчерпании несущей способности балок.

Таким образом, согласно предлагаемому приближенному методу расчета неразрезных балок, который можно назвать методом интерполяции, значения моментов с учетом перераспределения усилий определяются следующим образом:

до образования первых трещин — по расчету упругой системы

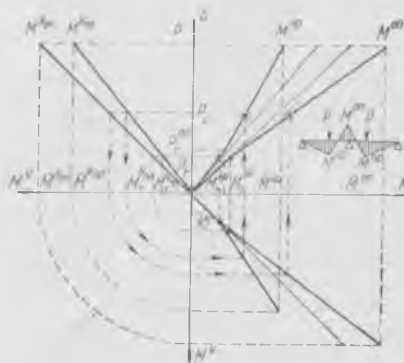
$$M_i = M_i^y, \quad (3)$$

после их возникновения — по интерполяции

$$M_i = M_T + \frac{M - M_T}{M^y - M_T} (M_i^y - M_T), \quad (4)$$

где  $M^y$ ,  $M^y$  — моменты, определяемые по расчету упругой системы от заданной эксплуатационной нагрузки и от предельной нагрузки, устанавливаемой расчетом несущей способности балки по методу предельного равновесия;  $M$ ,  $M_T$  — предельный момент и момент образования трещин.

Расчет неразрезной железобетонной балки с учетом перераспределения усилий по обоим предельным состояниям предлагается осуществлять в следующем порядке. После построения эпюры моментов по расчету упругой системы в соответствии с принятым армированием опорных и пролетных участков строят эпюру перераспределенных моментов для стадии предельного равновесия (расчет по несущей способности). Затем вычисляют значения моментов образования трещин  $M_T$ . Используя расчет упругой системы, устанавливают пролетные и опорные моменты  $M_i^y$ , соответствующие заданной эксплуатационной нагрузке, а также моменты  $M^y$ , соответствующие предельной нагрузке. Таким образом, для вычисления перераспределенных моментов  $M_i$  по формуле (4) не требуется дополнительных расчетов, поскольку входящие в нее величины либо определяются при других расчетах — ( $M_T$ ,  $M$ ), либо, используя закон пропорциональности, легко подсчитываются по эпюре моментов, полученной для упругой системы ( $M^y$  и  $M^y$ );



Взаимосвязь нагрузки  $P$  и моментов по расчету упругой системы  $M^y$  с перераспределенными моментами  $M_i$  (к обоснованию метода интерполяции)

Шифр балок	Арматура	$F_{аоп}$ $F_{апр}$	Уровень на- грузки $\frac{P}{R}$	Моменты, кН·м				Отклонения, %		
				опыт- ные	теоретические			$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$
					[1]	[2]	по интер- поляции			
ПНБ-21	Преднапряженная ( $\sigma_0/\sigma_{0,2} = 0,9$ )	2,0	0,48	12,4*	12,00	10,60	13,20	3,20	14,5	-6,4
				9,55	9,75	10,45	9,15	-2,10	-9,4	4,2
				17,20	24,50	21,80	17,30	-42,40	-26,7	-0,6
				12,15	8,50	9,85	12,10	30,00	18,9	0,6
ПНБ-41	Преднапряженная ( $\sigma_0/\sigma_{0,2} = 0,9$ )	0,7	0,49	16,00	9,60	8,90	9,40	4,00	11,0	5,9
				10,75	10,95	11,30	11,05	-1,90	-5,9	-2,8
				12,35	6,60	6,10	11,60	46,50	50,6	6,1
				14,60	17,55	17,70	14,95	-20,40	-21,5	-2,4
ПНБ-61	Преднапряженная ( $\sigma_0/\sigma_{0,2} = 0,9$ )	1,0	0,46	10,90	11,80	10,50	10,60	-8,20	3,7	3,2
				10,30	9,85	10,50	10,45	4,70	-1,9	-1,4
				14,10	16,90	16,00	13,30	-19,80	-13,4	6,0
				13,70	12,30	12,75	14,10	10,20	6,9	-3,3
ПНБ-23	Ненапрягаемая класса Ат-VI	2,0	0,48	12,80	16,00	14,90	13,60	-29,70	-16,4	-6,2
				9,35	7,45	8,30	8,95	20,30	11,2	4,3
				17,00	21,90	19,90	18,10	-28,80	-17,0	-6,5
				12,25	9,95	10,80	11,70	18,80	11,8	4,5
ПНБ-43	Ненапрягаемая класса Ат-VI	0,7	0,5	9,00	8,40	8,20	8,50	6,60	8,9	5,6
				11,40	11,55	11,65	11,50	-1,30	-2,2	-0,8
				12,40	11,00	10,80	11,10	11,30	12,9	10,5
				14,60	15,25	15,35	15,20	-4,50	-5,1	-4,1
ПНБ-63	Ненапрягаемая класса Ат-VI	1,0	0,47	11,10	10,20	10,80	10,00	8,10	2,7	9,9
				10,20	10,65	10,35	10,75	-4,40	-1,5	-5,4
				14,40	13,10	14,30	12,85	9,10	0,7	10,7
				13,50	14,20	13,60	14,30	-5,20	-0,8	-5,7

\* Над чертой — характеристики опорных сечений, под чертой — пролетных.

Для проверки предложенного метода интерполяции, а также других приближенных методов испытали 16 неразрезных железобетонных балок с ненапрягаемой и преднапряженной ( $\sigma_0/\sigma_{0,2} = 0...0,9$ ) арматурой класса Ат-VI ( $F_{аоп}/F_{апр} = 0,7...2$ ) и 6 балок с арматурой класса А-III ( $F_{аоп}/F_{апр} = 0,5...2$ ) [3]. При этом выполнили численный эксперимент — расчет условных балок с расширенными границами изменения варьируемых факторов ( $F_{аоп}/F_{апр} = 0,1...6$  и  $\sigma_0/\sigma_{0,2} = 0...1$ ).

Анализом установлено, что в балках с ненапрягаемой арматурой ошутимое перераспределение усилий начинается после образования трещин, а с преднапряженной арматурой — еще до образования трещин при примерно одинаковых нагрузках, составляющих (0,25—0,3)  $P$ , соответствующих трещинообразованию в ненапряженных балках. Уже к моменту образования трещин отклонения от расчета упругой системы в балках с преднапряженной арматурой достигали 20—25% вследствие развития существенных неупругих деформаций бетона и арматуры. С ростом нагрузки эти отклонения еще более возрастали.

В связи с этим при расчете методом интерполяции можно приближенно считать, что распределение усилий в балках как с ненапрягаемой, так и с преднапряженной арматурой соответствует расчету упругой системы до нагрузок 0,3  $P$ . При больших нагрузках

моменты могут определяться по интерполяции:

$$M_i = M_{0,3P}^y + \frac{\bar{M} - M_{0,3P}^y}{M^y - M_{0,3P}^y} (M_i^y - M_{0,3P}^y), \quad (5)$$

где  $M_{0,3P}^y$  — моменты по расчету упругой системы при нагрузке 0,3  $P$ . В формулу (5) вместо  $M_{0,3P}^y$  можно подставлять также  $M_t$ , соответствующие моментам трещинообразования балок с ненапрягаемой арматурой (независимо от наличия преднапряжения).

Приближенные методы расчета [1, 2] обеспечивают удовлетворительное совпадение опытных и теоретических моментов лишь в неразрезных балках с арматурой класса А-III, а также с одинаковым армированием опорных и пролетных сечений высокопрочной арматурой класса Ат-VI. В других случаях их использование приводит к существенным отклонениям. Так, при расчете балок с преднапряженной арматурой по Руководству [1] возникают недопустимые отклонения, достигающие 46%, а при расчете по методу [2] — до 50%. Сумма квадратов отклонений при этих методах расчета составила соответственно 5878,9 и 4791,6. В неразрезных балках с ненапрягаемой высокопрочной арматурой применение существующих

методов расчета обеспечивает несколько лучшее совпадение (см. таблицу). При расчете по Руководству [1] наибольшие отклонения не превышают 30%, а по методу [2] — 17%. Суммы квадратов отклонений при этом оказались равными 2865,07 и 1109,78.

При использовании же метода интерполяции отклонения не превышают 6 и 10,5%, а суммы квадратов отклонений в балках с преднапряженной и ненапрягаемой высокопрочной арматурой составляют 204,03 и 552,64.

При расчете в балках с арматурой класса А-III по методу интерполяции также отмечается удовлетворительное совпадение с опытными данными ( $\leq 12\%$ ), не уступающее расчетам по формулам (1), (2).

Предложенный метод проверен также по данным других исследователей при различных схемах загрузки и классах высокопрочной арматуры. В этих опытах была использована обычная и преднапряженная арматура классов А-IIIв, А-IVв, А-IV, Ат-V и В-II. Схемы загрузки включали сосредоточенные силы в трех пролетах и распределенную нагрузку. Несмотря на разнообразие видов арматуры и схем загрузки, расчет по методу интерполяции обеспечил удовлетворительное совпадение опытных и теоретических данных.

С целью проверки метода интерполяции исследовали также условные неразрезные балки с арматурой классов Ат-VI и А-III, рассчитанные в численном эксперименте. Результаты итерационного расчета условных балок на ЭВМ сопоставили с расчетом по методу интерполяции.

Анализом установлено, что в преднапряженных балках отклонения результатов приближенных расчетов по формулам (1), (2) от итерационного могут достигать почти 65%. В то же время интерполяционный расчет обеспечивает значительно более высокую точность — отклонения не превышают 13%. Разница в отклонениях для условных балок с ненапрягаемой арматурой несколько сокращается (55, 45 и 15%), однако и здесь расчет по методу интерполяции обеспечивает лучшее совпадение с опытными данными.

Таким образом, предложенный приближенный метод интерполяции может быть рекомендован для оценки распределения усилий в неразрезных балках с преднапряженной и ненапрягаемой арматурой любого класса и при любых схемах загрузки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1975.
2. Крылов С. М. Перераспределение усилий в статически неопределимых железобетонных конструкциях. М.: Стройиздат, 1964.
3. Малиян Л. Р. Несущая способность неразрезных балок с высокопрочной арматурой. — Бетон и железобетон, 1982, № 7.

УДК 691.327:691.33

Ю. М. РОМАНОВ инж.; В. М. МЕДВЕДЕВ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

## Методика оценки пригодности золы и шлаков теплоэлектростанций как компонентов бетонов и растворов

Многочисленные исследования, выполненные в нашей стране и за рубежом, а также строительная практика подтверждают возможность широкого использования зол, золошлаковых смесей и шлаков теплоэлектростанций для изготовления строительных материалов и изделий. Авторами рассмотрены методы оценки пригодности зол, золошлаковых смесей и шлаков от сжигания углей для приготовления различных видов бетонов и строительных растворов. К таким бетонам относятся тяжелые, легкие на пористых заполнителях, ячеистые и жаростойкие. Золо, золошлаковые смеси и шлаки теплоэлектростанций имеют различные физико-механические свойства, что обусловлено разнообразием видов угля, режимов его сжигания и способов удаления зол.

(ТУ 21-33-1-73\*) технические требования к золе, золошлаковой смеси и шлаку теплоэлектростанций в зависимости от вида угля и бетона (см. таблицу).

Из таблицы следует, что основное внимание обращается на гранулометрический состав и содержание вредных примесей. Технические требования к золе как компоненту ячеистых бетонов приведены в СН 277-80, для жаростойких бетонов в ГОСТ 20955-75 и ГОСТ 20956-75. К ним относятся данные химического анализа, содержание потерь при прокаливании, насыпная плотность, влажность, зерновой состав, удельная

Окончательный вывод о пригодности золы, шлака и золошлаковой смеси делают после лабораторных испытаний бетонов или растворов. В том случае, когда один из составляющих по какому-либо свойству не соответствует техническим требованиям, также проводят лабораторную проверку для установления требуемых свойств бетона.

Для оценки качества золы, шлака и золошлаковой смеси в золоотвалах составляют карты их обследования на основе отбора проб по отдельным шурфам. При этом следует руководствоваться «Временными нормативами на отбор золошлаковых отходов из отвалов». Более стабильные свойства имеют золы-уносы. На ТЭС, оснащенных специальными установками для осреднения осреднения

\* Рекомендации по применению золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций в тяжелых бетонах и строительных растворах. М.: Стройиздат, 1977.

Наименование технических требований	Тяжелые бетоны и растворы, по данным источника [1]						Легкие бетоны, по данным источника [2]				
	Зола бурого угля		Зола		Шлак антрацита и каменного угля	Золошлаковая смесь		Золошлаковая смесь		Зола	
	армированный бетон и раствор	неармированный бетон и раствор	антрацита	каменного угля		антрацита	каменного угля	каменного угля	бурого угля	антрацита и каменного угля	бурого угля
Химический состав, содержание в %:											
$SiO_2 + Al_2O_3$ свободная CaO	≤ 2	≥ 40	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сернистых и сернокислых в пересчете на $SO_3$	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 2	≤ 2	Не допускается	≤ 3	≤ 3	≤ 1	≤ 3
MgO	≤ 5	≤ 5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Содержание негорювшего топлива (п. п. п.), %	≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 5	—	≤ 10	≤ 3	≤ 25	≤ 5	≤ 10	≤ 5
Насыпная плотность, $kg/m^3$	—	—	—	—	≥ 1100	≥ 1300	≥ 1300	≤ 1100	≤ 1100	≤ 1200	≤ 1200
Удельная поверхность, $cm^2/g$	≥ 2800	≥ 2800	≥ 3000	≥ 3000	—	—	—	≥ 3500	≥ 3500	≥ 4000	≥ 4000
Модуль крупности	—	—	—	—	≥ 3	≥ 2	≥ 2	—	—	—	—
Остаток на сите № 0315, % по массе	—	—	—	—	10—20	20—50	20—50	—	—	—	—

Высокое качество бетонов и растворов с использованием зол и шлаков может быть достигнуто лишь при обеспечении кондиционности и однородности компонентов. На основании результатов исследований и строительной практики в СССР разработаны и введены в нормативную и рекомендательную литературу

поверхность, равномерность изменения объема смешанного вяжущего, стойкость структуры против железистого и силикатного распада, прочность крупных зерен шлака. Методы испытаний золы, шлака и золошлаковой смеси для определения указанных свойств изложены в различных ГОСТах.

става золы сухого отбора, контроль качества золы и его периодичность регламентируются ТУ 35-4014-73. Кроме того, потребитель имеет право проводить контрольную проверку качества золы, шлака или золошлаковой смеси, что также предусмотрено в нормативной литературе.

УДК 69.05:658.382

С. В. ТОМКО, инж. (Чудовский 3-д железобетонных шпал)

## Улучшение воздушной среды в цехах при производстве сборного железобетона

Составной частью любых мероприятий по охране труда работающих в основных и вспомогательных цехах при производстве сборного железобетона должно быть улучшение воздушной среды. Наиболее целесообразно направить усилия на разработку конструкций станков, механизмов, устройств, технологий в целом для резкого уменьшения степени запыленности, загазованности непосредственно у самих источников загрязнения воздушной среды.

Простота и эффективность технических решений подтверждается практикой. На Очаковском заводе ЖБК Метростроя разработано несколько конструкций, позволяющих уменьшить запыленность, загазованность в традиционных источниках выделения вредных веществ на технологических операциях при производстве сборного железобетона. Правку арматурной стали, изготавливаемой сталепрокатными заводами в бухтах, производят на правильно-отрезных станках ИБО, ИО-35 Е, С-759, СМЖ-357. В правильно барабане станка проволока или арматура вовлекается в волнообразную деформацию, и в местах перегиба, трений в фильерах отделяется поверхностная пленка окисла, составляющего до 0,4% массы пропущенного через станок металла.

Изображенный на рис. 1 правильно-отрезной станок оборудован пневмосистемой и обеспечивает эффективный отсос загрязненного воздуха и одновременно подачу в помещение некоторого объема чистого воздуха. Это достигается тем, что станина под механизм правки имеет полость, в которую вставлено приспособление для отсоса загрязненного воздуха, выполненное в виде бункера оптимальной аэродинамической формы. Нижняя часть бункера соединена с материальным трубопроводом и располо-

женным соосно трубопроводом для подачи сжатого воздуха с регулятором давления сжатого воздуха.

В процессе правки в бункере образуется загрязненный воздух и окалина от арматурной проволоки из-под механизма правки, вращающегося со скоростью 1000—2000 об/мин под действием собственной массы и разрежения, которые поступают в материальный трубопровод. Поступающий по трубопроводу чистый воздух давлением до 1,5 атм перемещает в цилиндрический бункер загрязненный, в котором окалина осаждается в выдвижную тележку. Проходя через фильтр расчетной площади, сжатый воздух очищается от окалины и улучшает воздушную среду производственного помещения. Матерчатый фильтр периодически подвергается очистке.

Регулятор давления создает оптимальные условия для сочетания скорости транспортирования загрязненного воздуха по материальному трубопроводу, степени разрежения под механизмом правки и расхода сжатого воздуха. Поступление воздуха через указанную пневмосистему следует включить в расчет общеобменной вентиляции производственного помещения во избежание создания на рабочих местах избыточного давления.

Оптимизация предлагаемой конструкции, в частности снижение расхода сжатого воздуха и улучшение аэродинамических свойств, возможна при обеспечении постоянного уклона трубопровода до сочленения с цилиндрическим бункером, что уменьшит сопротивление трению движущихся по трубопроводу частиц.

Эффективность предлагаемой конструкции многозначна: исключается наличие по сравнению с вариантом отсоса отсасывающего вентилятора, уменьшается шум, сокращается расход электри-

ческой энергии, обеспечивается отвод загрязненного воздуха с одновременной подачей в помещение чистого.

На однотоочечных станках контактной сварки с преобладанием мягких режимов сварки, т.е. с длительным протеканием тока через детали, выделение вредных веществ от свариваемой зоны в известной мере пропорционально продолжительности сварки. Нагреваемый от сварки воздух, насыщенный вредными примесями окислов металлов, углекислого газа, поднимается вверх непосредственно к органам дыхания работающего на станке.

Для полной защиты работающих на мягких режимах сварки применяется усовершенствованная головка для контактной точечной сварки<sup>1</sup>. Она отличается тем, что защитный поток воздуха может подаваться не только из полостей пневмоцилиндров, но при необходимости (увеличении сварочного цикла) и из магистрального воздуховода с необходимой степенью интенсивности. Это достигается тем, что головка для контактной сварки снабжена пневмоклапаном воздушной защиты<sup>2</sup> с реле времени и регулятором давления сжатого воздуха, установленным на магистральном воздуховоде и соединенным с полостью искрогасительной втулки (рис. 2).

На станине сварочной головки укреплен пневмоцилиндр, шток которого соединен с подвижным электродом, на последнем герметически крепится искрогасительная втулка. Корпус втулки трубопроводом соединен через пневмоклапан со штоковой полостью пневмоцилиндра. Дополнительно на станине смонтирован пневмоклапан воздушной защиты, соединенный с магистральным воздуховодом и трубопроводом с искрогасительной втулкой. Пневмоклапан воздушной защиты снабжен реле времени и регулятором давления сжатого воздуха. При сварке воздух из штоковой полости поступает в искрогасительную втулку, после чего через реле времени включается пневмоклапан воздушной защиты, подающий непосредственно из магистрали сжатый воздух к искрогасительной втулке. Регулятор давления осуществляет оптимальный подбор давления сжатого воздуха для вентиляции места сварки. С помощью данного устройства

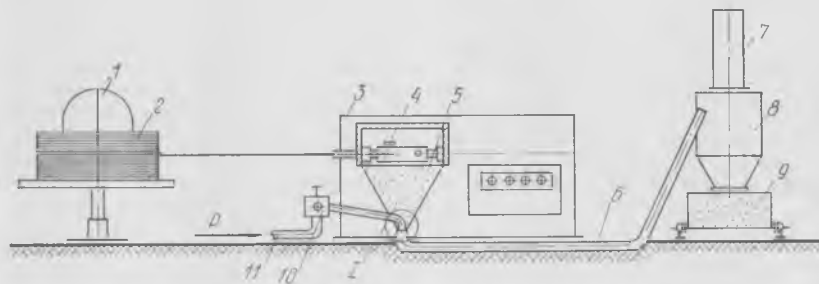


Рис. 1. Правильно-отрезной станок, оборудованный пневмосистемой

1 — вертушка; 2 — бухта арматурной стали; 3 — правильно-отрезной станок; 4 — механизм правки; 5 — бункер; 6 — материальный трубопровод; 7 — матерчатый фильтр; 8 — цилиндрический бункер; 9 — выдвижная тележка; 10 — регулятор давления; 11 — трубопровод сжатого воздуха

<sup>1</sup> А. с. № 860968. Прудовский М. Е., Томко С. В. Головка для контактной точечной сварки. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1981, № 33.

<sup>2</sup> А. с. № 668794. Прудовский М. Е., Томко С. В. Головка для контактной точечной сварки. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1979, № 23. Удостоено Бронзовой медали ВДНХ СССР.



от органов дыхания работающего отводятся искры и вредные вещества при любых режимах сварки пересекающихся прутков. Вредные примеси из производственного помещения в этом случае устраняются с помощью общеобменной вентиляции, от эффективности которой зависит конечный результат защиты.

Испытания конструкции местного отсоса на станке контактной сварки в комбинации с головкой показали, что процесс защиты рабочих от выделяемых вредных веществ можно усовершенствовать путем отвода их непосредственно от места контактной сварки за пределы производственного помещения.

На рис. 3 представлен узел искрогасительной и отсасывающей втулок головки для контактной точечной сварки. На подвижном электроде закреплена искрогасительная втулка, полость которой снабжена дополнительной втулкой. неподвижный электрод охватывается воронкообразной втулкой, нижнюю часть которой рекомендуется снабжать пылесборником со съемным дном. Полость воронкообразной втулки патрубком соединяется с вытяжным вентилятором. В процессе сварки пересекающихся прутков через штуцер в промежутке между искрогасительной втулкой и дополнительной подается сжатый воздух, увлекая за собой выделяемые при сварке вредные вещества в воронкообразную втулку неподвижного электрода.

Из воронкообразной втулки поток загрязненного воздуха удаляется через патрубок с помощью вытяжного вентилятора за пределы помещения. Взвешенные частицы осаждаются в пылесборник и не засоряют отводящий патрубок.

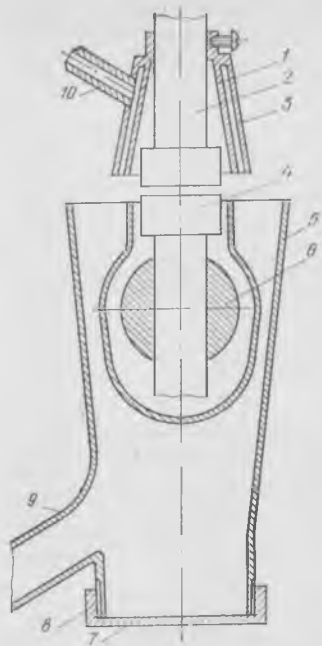


Рис. 3. Конструкция отсоса на контактной сварочной машине

1 — дополнительная внутренняя втулка; 2 — подвижный электрод; 3 — искрогасительная втулка; 4 — неподвижный электрод; 5 — воронкообразная втулка; 6 — кронштейн неподвижного электрода; 7 — съемное дно; 8 — пылесборник; 9 — патрубок; 10 — штуцер

Дополнительная втулка обеспечивает постоянный зазор для выхлопа сжатого воздуха из искрогасительной втулки независимо от деформации нижней части верхнего электрода, появляющейся при сварке. Это уменьшает шум при выхлопе сжатого воздуха и обеспечивает постоянный защитный кольцевой поток в отсасывающую воронкообразную втулку.

Поскольку воздух из искрогасительной втулки подается в воронкообразную с захваченной сварочной аэрозолью под давлением до нескольких атмосфер, можно использовать отсасывающий вентилятор меньшей мощностью энергопотребления. При этом обеспечивается эффективная вытяжка сразу от нескольких станков.

Шахтно-промышленная санитарная лаборатория Метростроя обследовала работу станка, оборудованного только искрогасительной втулкой, а также в комбинации с воронкообразной отсасывающей втулкой. Условия проведения замеров были одинаковые — диаметры свариваемых стержней, степень коррозии, режимы сварки. Эффективность последнего варианта очевидна и определялась резким снижением концентрации сварочной аэрозоли в измеряемых точках до 1,75—4 мг/м<sup>3</sup>, т. е. в пределах установленных норм. Аэрозоль удаляется полностью до допустимой концентрации через отсасывающую втулку, и это необходимо учитывать при расчете общеобменной вентиляции. Кроме того, твердые частицы не распространяются по цеху, а собираются в отстойнике втулки, что сокращает время на уборку рабочего места.

Окончательный экономический эффект определится при расчете точных данных

по числу работающих станков, характеру свариваемых деталей, объему помещения и т. д.

Предлагаемые конструкции, схемы для улучшения воздушной среды в цехах при производстве сборного железобетона просты, достаточно эффективны, не требуют при внедрении значительных затрат, доступны любому заинтересованному предприятию.

Дополнительную информацию можно получить по адресу: 119361, Москва, ул. Большая Очаковская, 3, Очаковский завод ЖБК Метростроя.

На ВДНХ СССР

## Бетонораздатчик

Южгипронисельстроем (350028, г. Краснодар, ул. Старокубанская, 114) разработан и экспериментальным заводом (353210, ст. Новотитаровская Краснодарского края, Динского района) этого института изготовлен полноповоротный самоходный бетонораздатчик БРП-17А на рельсовом ходу (ширина колеи 1600 мм), предназначенный для формования железобетонных изделий сложных конфигураций. Бетонораздатчик, имеющий скорость перемещения 9 м/мин, оборудован поворотным бункером с рабочим объемом 1,8 м<sup>3</sup>.

Опорная тележка бетонораздатчика имеет четыре колеса, два из которых приводные (мощность электродвигателя привода передвижения 3 кВт). На тележке, кроме привода передвижения, установлен поворотный круг, на котором размещены платформа с приводом, бункер и контргруз. Размер входной щели на бункере регулируется заслонкой. Для обеспечения выхода бетонной смеси на бункере крепится вибратор.

Управляется бетонораздатчик от подвесного кнопочного поста. Электрические аппараты управления приводами размещены в навесном шкафу. Габаритные размеры бетонораздатчика 413×212××374 см, масса (с контргрузом) 6,7 т.

Бетонораздатчик загружается бетонной смесью при помощи скипового подъемника, затем платформу бетонораздатчика разворачивают таким образом, чтобы выходное отверстие бункера располагалось над формой полурамы. При постепенном перемещении тележки и повороте платформы бетонораздатчик заполняет форму бетонной смесью.

Использование бетонораздатчика позволяет исключить ручной труд при укладке бетонной смеси в формы сложных конфигураций, высвобождает крановое оборудование и повышает технику безопасности производства.

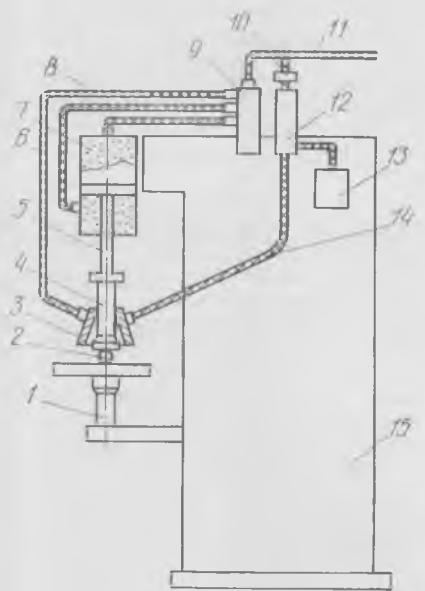


Рис. 2. Головка для контактной точечной сварки

1 — нижний неподвижный электрод; 2 — свариваемые детали; 3 — искрогасительная втулка; 4 — верхний подвижный электрод; 5 — шток пневмоцилиндра; 6 — трубопровод; 7 — пневмоцилиндр; 8 — трубопроводы штоковой полости пневмоцилиндра; 9 — пневмоклапан привода цилиндра; 10 — регулятор давления; 11 — магистраль трубопровод; 12 — пневмоклапан воздушной защиты; 13 — реле времени; 14 — трубопровод; 15 — станина сварочной головки

## Содержательная выставка

В филиале павильона ВЦСПС «Труд и отдых» ВДНХ СССР (Зарайская ул., 39) развернута тематическая выставка «Безопасность труда в строительстве и промышленности строительных материалов», организованная отделом труда ВЦСПС, ЦК профсоюза рабочих строительства и промстройматериалов.

Экспонаты выставки рассказывают о функциях ЦК профсоюза отрасли, профсоюзных комитетов предприятий и строительных организаций, а также о передовом опыте в области охраны труда.

В нашей стране на охрану труда и технику безопасности в строительстве ежегодно расходуется более 1 млрд. р. В решении связанных с этим проблем участвуют свыше 100 проектных институтов и два специализированных института по охране труда в строительстве и промстройматериалов. Отраслевой профсоюз имеет в своем непосредственном подчинении 396 технических инспекторов труда, 130 доверенных врачей, что дает возможность ЦК профсоюза активно влиять на решение вопросов охраны труда и социального страхования на стройках и предприятиях страны и проводить в жизнь принятые профсоюзом решения.

На выставке демонстрируется опыт передовых организаций и предприятий строительных министерств, ведомств и Минстройматериалов СССР по созданию безопасных условий труда для работающих, обеспечению их инструментом, оснасткой для безопасного труда, средствами индивидуальной защиты.

Интересные разработки в этой области, внедренные на своих предприятиях, экспонируют ордена Ленина Главмоспромстройматериалы.

Представлена виброплощадка с низкой частотой колебаний и пониженным уровнем шума, предназначенная для изготовления объемных железобетонных изделий типа виброгидропрессованных труб, унифицированных канализационных и водосточных колодцев, безнапорных железобетонных труб, железобетонных тубингов и др. Она представляет собой одномассную колебательную систему, состоящую из подвижных и неподвижных рам, связанных между собой упругими элементами в виде резиновых опор ГРО. Благодаря высокой вязкости резины опор исключена передача вибрации на пол и снижен уровень шума. Внедрение этих виброплощадок на Московском заводе железобетонных труб (МЗЖБТ) дало возможность полностью исключить примененные

навесных пневмовибраторов (до 12 шт. на форму), значительно уменьшить шум при формировании, сократить численность обслуживающего персонала и улучшить условия труда. Разработчики виброплощадки — НИЛ ФХММ и ТП, МЗЖБТ и Гипростроммаш.

На Лианозовском заводе объединения Москерамзитобетон и на заводе ЖБИ № 21 внедрены пассивные пути поста формирования железобетонных изделий. Они предназначены для предотвращения передачи вибрационных воздействий с поста формирования изделий в цех, а также снижения уровня шума. Эти пути проложены за пределами камеры шумогащения и конструктивно не связаны с постом формирования, что позволяет снизить уровень вибрации и шума от формирующего оборудования на рабочих местах в цехе до уровней, допускаемых санитарными нормами. Пассивные пути сконструированы Моспроектстройиндустрией и СКТБ Главмоспромстройматериалов.

На названных заводах применяется камера шумоглушения поста формирования железобетонных изделий. Она предназначена для снижения уровня шума на рабочих местах в цехе от бетоноукладчика и вибростола до уровней, допускаемых санитарными нормами. При работе оборудования на посту формирования уровень шума внутри камеры превышает допустимые уровни по спектру на 2—16 дБ, а уровень шума на дистанционном пульте управления соответствует норме. Вид звукоизолирующего материала и конструкция камеры определяются расчетным путем. Камеру разработали Моспроектстройиндустрия и СКТБ Главмоспромстройматериалов.

На МЗЖБТ внедрена новая технология изготовления тубингов из песчаного бетона способом объемного вибропрессования, разработанная НИЛ ФХММ и ТП. Все технологические операции механизированы, управление линией осуществляется в автоматическом режиме. Грузоподъемные и транспортные операции выполняются универсальным манипулятором с пневмоприводом и сменными рабочими органами. По сравнению с применявшейся ранее технологией для выпуска того же объема продукции требуется на 25 рабочих меньше, годовой экономический эффект достигает 400 тыс. р.

На предприятиях главка применяется ударно-вибрационная технология изготовления железобетонных изделий с использованием низкочастотных резонансных виброплощадок, созданная КТБ

Мосоргстройматериалов. Здесь применены новые режимы формирования с низкой и большой амплитудами, имеют место асимметричные колебания рабочего органа с регулируемым ускорением. Благодаря этому уровни шума и вибрации снижены до допустимых пределов. Экономический эффект от использования одной установки составляет 18 тыс. р. в год.

СКТБ Главмоспромстройматериалов сконструировало механизированную установку для изготовления объемных элементов шахт лифтов. Благодаря ее внедрению удалось исключить особо опасные и тяжелые операции. Этим же бюро разработано устройство для механизированного раскрывания и закрытия бортов форм. В результате его применения на заводах главка отпала необходимость в тяжелом ручном труде по выполнению указанных операций.

На предприятиях Главмоспромстройматериалов действуют конвейерные технологические линии по изготовлению из песчаного бетона малогабаритных дорожных изделий — бортового камня, тротуарных и цокольных плит и др. Все операции на этих линиях механизированы. Универсальность основного оборудования дает возможность создавать различные по компоновке и производительности линии. Ввиду удаления пультов управления от зон формирования созданы благоприятные условия для работы операторов. Линии разработаны НИЛ ФХММ и ТП. Та же лаборатория является автором неразрушающих методов выходного комплексного контроля качества бетонных и железобетонных изделий. Этими методами комплексно контролируются следующие нормируемые показатели: прочность бетона — ультразвуковым импульсным методом; геометрические размеры изделия — с помощью дифференциальных индуктивных датчиков; толщина защитного слоя бетона — прибором ИЗС-Г; масса — устройством тензометрического типа ЭДВУ-1. Регистрация результатов — цифровая и аналоговая.

Внедрение неразрушающих методов контроля на заводах ЖБИ № 4, 17, КСМ № 24 позволило исключить тяжелый и травмоопасный ручной труд, улучшить условия труда работников ОТК и заводских лабораторий, высвободить по 1—2 человека, повысить культуру производства и качество продукции.

НИЛ ФХММ и ТП и КТБ Мосоргстройматериалы разработали механизированное производство облегченных штамповарных закладных деталей бетонных и железобетонных изделий и конструкций. Такие детали изготавливаются способом контактно-рельефной сварки в глубоко выштампованные отверстия взамен ручной дуговой сварки под флюсом. Детали получают более легкими вследствие снижения толщины пластин, заготовка которых выполняется штампованием на прессе. Механизированное производство облегченных штамповарных закладных деталей обеспечивает по КСМ № 24 снижение на 20—30% объема ручного труда (ввиду применения штамповки), улучшение условий труда, уменьшение загазованности помещений, сокращение на 20% численности рабочих, повышение на 10—40% производительности труда на свароч-

ных процессах, снижение на 30% расхода металла.

Институт Моспроектстройиндустрия спроектировал эффективную пылеулавливающую установку для очистки воздуха на складе цемента. Назначение установки — очистка воздуха и доведение концентрации пыли в нем до пределов допустимых концентраций (ПДК). Нижнее расположение фильтров в установке позволяет производить систематический контроль за их работой, своевременно ремонтировать оборудование и иметь к нему свободный доступ, обеспечивает удобство обслуживания системы воздухоочистки. Эта система аспирации с нижним расположением фильтров обеспечивает сокращение на 0,3—0,4% потерь цемента (от общезаводского расхода), доведение чистоты выбрасываемого воздуха до ПДК.

СКТБ Главмоспромстройматериалов разработало унифицированные ограждения приводного и натяжного барабанов ленточных конвейеров. Ограждения унифицированы на две ширины ленты, четыре диаметра барабана и имеют 8 исполнений. Они нашли применение на предприятиях главка. Это же бюро является автором внедренного на комбинате ЖБК № 2 предохранительного устройства, исключающего обрыв приводного троса передаточной тележки.

Производственное объединение Строймаш Минпромстроя БССР экспонирует макет козового консольного крана ККК-20М. Этот кран, предназначенный для выполнения грузоподъемных операций на заводах сборного железобетона, дает возможность механизировать травмоопасные производственные операции. Грузоподъемность крана 20 тс; пролет 25 м; рабочая длина консолей — по 8 м; масса 51,5 т; годовой экономический эффект — 3156 р.

Объединение демонстрирует макет мобильного агрегатированного комплекса

МАК-Бетон, предназначенного для приготовления бетонных и растворных смесей непосредственно на строительных площадках и приспособленного для быстрой перевозки с одной строительной площадки на другую. Отличительная особенность комплекса, по сравнению с другими установками подобного назначения отечественного производства и зарубежных фирм, — компактность и мобильность. Монтаж его на рабочей площадке занимает 10 чел.-дн. Производительность комплекса — до 22 м<sup>3</sup>/ч при работе в непрерывном автоматическом режиме; система управления — автоматизированная; вместимость смеси — 550 л; объем готового замеса — 375 л; габаритные размеры — 1805 × 320 × 954 см; масса — 25 т. Годовой экономический эффект 24,8 тыс. р.

Это же объединение разработало и изготовило автобетононасос АБН-60. Он принимает бетонную смесь из транспортных средств и подает ее по бетоноводу непосредственно к месту укладки. Применение агрегата позволяет исключить ручной труд при выполнении тяжелых производственных операций. Производительность автобетононасоса 60 м<sup>3</sup>/ч; дальность подачи по горизонтали 250 м, по вертикали — 60 м; габаритные размеры в транспортном положении — 9075 × 2500 × 3700 мм; масса — 12 795 кг. Годовой экономический эффект — 65 тыс. р.

Гравитационно-фрикционное тупиковое устройство для кранов мостового типа спроектировал и изготовил Новочеркасский завод КПД Главсевкавстроя Минтяжстроя СССР. Оно предназначено для предупреждения аварийных ситуаций, уменьшения силы удара при наезде крана, повышает надежность работы и безопасность при эксплуатации мостовых кранов. Экономический эффект на один кран — 90 р.

На выставке представлены натурные образцы электрических и пневматичес-

ких инструментов, применение которых улучшает условия и повышает безопасность труда. В их числе — пневматический лом ИП-4607, сконструированный НПО ВНИИСМИ и изготовленный Свердловским производственным объединением Пневмостроймашина. Лом предназначен для ударного разрушения каменных и бетонных сооружений, полускальных пород, мерзлых и твердых грунтов. Энергия удара — 90 Дж, частота ударов — 10 Гц, длина без рабочего инструмента — 750 мм, масса без рабочего инструмента — 18 кг. Годовой экономический эффект применения — 133 р. на изделии.

Тем же НПО сконструирован и изготовлен даугавпилским заводом «Электростройинструмент» электрический перфоратор ИЭ-4712. Он предназначен для бурения отверстий и шпуров в искусственных и естественных материалах (бетоне, кирпичной кладке, известняке) и может использоваться как электролом. Годовой экономический эффект на одно изделие — 352 р.

Немало интересных экспонатов представлено в разделе «Индивидуальные средства защиты». Среди них — одежда, обувь, рукавицы для сварщиков, работающих в условиях сурового и жаркого климата, обувь и рукавицы для рабочих виброопасных профессий, индивидуальные средства защиты от тепловых излучений и вредных химических, различные очки, респираторы и многое другое.

На выставке демонстрируются также научно-методическая литература и плакаты по вопросам организации охраны труда на производстве, изданные Стройиздатом, министерствами и ведомствами.

Посетители выставки отмечают ее содержательность, а также ценность для распространения передового опыта организации охраны труда на стройках и предприятиях промстройматериалов и стройиндустрии.

## Трехслойные стеновые панели с гибкими связями

Гипроинсельхозом Минсельхоза СССР, ЦНИИЭПсельстроем Минсельстроя СССР, НИИЖБ и НИИСК созданы рабочие чертежи серии 1.832.1-8 «Трехслойные железобетонные стеновые панели на гибких связях с эффективным утеплителем для сельскохозяйственных зданий».

Рабочие чертежи панелей выполнены в двух вариантах: горизонтальной разрезки (вып. 1) и повышенной заводской готовности со встроенными оконными и дверными блоками (вып. 2).

Панели представляют собой трехслойную конструкцию, состоящую из двух плоских железобетонных слоев (наружного и внутреннего), соединенных между собой стальными гибкими связями, между которыми располагается утеплитель. Толщина несущего железобетонного слоя, обращенного внутрь помещения, составляет 100 мм, наружного — 50 мм. Толщина слоя утеплителя колеблется от 50 до 100 мм.

Несущие внутренние слои панелей армируются пространственными каркасами, наружные — сварными сетками. Слои изготовляют из тяжелого бетона или из конструктивных легких бетонов. Марка бетона — М200. Теплоизоляционные слои панелей выполняют из плитного пенополистирольного пенопласта, полужестких минераловатных плит на синтетическом связующем или жестких минераловатных плит на битумном связующем. При теплоизолирующем слое из минераловатных плит предусмотрена пароизоляция из полиэтиленовой пленки и пергамина. В зданиях с влажностью внутреннего воздуха не более 75% допускается вместо полиэтиленовой пленки применять слой рубероида.

Трехслойные железобетонные панели предназначены для возведения наружных самонесущих стен производственных зданий со слабо- и среднеагрессивной средой с относительной влажностью воздуха помещений не более 85%, а па-

нели со слоями из конструктивных легких бетонов могут применяться только в зданиях с относительной влажностью воздуха не более 75%.

На трехслойные панели с гибкими связями разработаны технические условия «Панели стеновые трехслойные железобетонные на гибких связях с эффективным утеплителем для сельскохозяйственных зданий» ТУ 69-175-81.

Применение трехслойных панелей с гибкими связями по сравнению с двухслойными керамзитобетонными панелями по серии 1.832-1-9 позволяет снизить массу стен в 1,2—1,8 раза и до 50% сократить расход цемента на 1 м<sup>2</sup> стены. Трехслойные панели более эффективны при расчетных наружных температурах ниже минус 25°С, причем по мере снижения расчетных температур их эффективность возрастает.

Выпуск трехслойных панелей освоено трестами Калугасельстрой, Тувинсельстрой, управлением Магадансельстрой Минсельстроя РСФСР и др.

Г. А. ШАСТИНА, Н. В. КУЗНЕЦОВ, инженеры (СКБ Энергохиммаш)

## Полимерные антиадгезионные покрытия форм и опалубок

Для предотвращения прилипания бетона к стенкам форм и опалубок в технологии производства сборных железобетонных изделий применяют различные разделительные смазки одноразового пользования. Это усложняет технологический процесс производства и снижает качество продукции [1].

Полимерные материалы, обладающие удовлетворительными антиадгезионными и эксплуатационными характеристиками, исключают малопроизводительный процесс нанесения на формы разделительных смазок одноразового пользования [2, 3]. Для их изучения определяли адгезионную прочность контакта «бетон — полимерное покрытие», а также стойкость покрытий к циклическим воздействиям, определяемым условиями эксплуатации.

Адгезионную прочность контакта «бетон — полимерное покрытие» определяли методом нормального отрыва. Для этого специальным приспособлением измеряли усилия отрыва от поверхности образца — бетонного кубика, сформированного на поверхности покрытого пленкой образца размером  $50 \times 100 \times 2$  мм из стали марки Ст3. По этому методу направление усилий, вызывающих в адгезионном слое напряжения, которые разрушают соединения, идентично направлению усилий при распалубке форм.

Адгезионная прочность контакта бетона марки М200 к эпоксидным порошковыми композициям ПЭП-219 и ПЭП-177, пентапласту марки А<sub>4</sub> составила соответственно 20; 15; 0,02 кгс/см<sup>2</sup>. Адгезия бетона к фторопластовым материалам 4МБП, 2М и 4 наименьшая и равна нулю.

В последующих экспериментах определяли стойкость антиадгезионных свойств пентапластового и фторопластовых покрытий к циклическим температурно-влажностным и вибрационно-механическим воздействиям, а также стойкость в щелочной среде, возникающей при формировании изделий и распалубке форм (одногнездовых и трехгнездовых). Покрытия из порошковых полимерных материалов наносили на предварительно нагретую поверхность форм в два слоя электростатическим методом при помощи ручного пистолета (см. рисунок), разработанного и изготовленного в СКБ Энергохиммаш\*.

Поверхность форм перед нанесением покрытий обрабатывали струей стальной

колотой дроби и обезжиривали ацетоном. По размеру форм из листовых материалов делали вкладыши. Формы с нанесенными антиадгезионными покрытиями заполняли бетонной смесью, затем вибрировали, пропаривали в камере, выдерживали при отключенном паре и распалубливали, что соответствовало технологическому режиму изготовления железобетонных изделий. После распалубки формы снова заполняли бетонной смесью и весь цикл повторялся заново.

Антиадгезионные свойства покрытий оценивали визуально по качеству бетонных кубиков и чистоте поверхности покрытий форм.

Исследования покрытий на циклические воздействия показали, что формы, покрытые пентапластом А<sub>4</sub>, выдержали 4-кратную обрачиваемость, порошковым фторопластом 4МБП — 16-кратную; порошковым фторопластом 2М — 10-кратную, листовым фторопластом 2М — 25-кратную и листовым фторопластом-4 — 100-кратную обрачиваемость без использования разделительной смазки. Остатки бетонной массы легко счищались и смывались водой с поверхностей форм, футерованных фторопластом-4. Поверхность кубиков была гладкая, материал покрытия — в хорошем состоянии.

Таким образом, наименьшей адгезией к бетонной смеси обладает листовой фторопласт-4. Можно предположить, что повышение адгезии бетона к другим полимерным материалам с увеличением

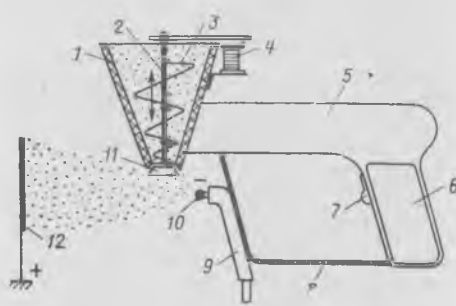


Схема ручного электростатического пистолета  
1 — бункер-питатель; 2 — шток; 3 — взрывхлитель; 4 — электромагнитное реле; 5 — корпус; 6 — металлические накладки; 7 — курковое устройство; 8 — предохранительная скоба; 9 — электроизоляционная трубка; 10 — коронирующий электрод; 11 — запорный клапан; 12 — покрываемая деталь

\* А. с. № 845860. Распылительное устройство для электростатического нанесения полимерных покрытий. Н. В. Кузнецов. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1981, № 26.

числа оборачиваемости форм связано, во-первых, с химической природой полимерных материалов и наличием в них стабилизаторов, наполнителей, пластификаторов и других веществ, содержащих полярные, активные, функциональные группы  $\text{COOH}$ ,  $\text{CONH}_2$ ,  $\text{CONH}$ ,  $\text{OCONH}$ ,  $\text{OH}$ ; во-вторых, с особенностями условий формирования покрытия (количество и состав газовых включений, дефекты и т. п.).

Детальное выявление влияния указанных факторов требует дополнительных исследований.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Довжик О. И., Ратинов В. Б. Эффективные смазки для форм в производстве сборного железобетона. М., Стройиздат, 1966.
2. Гарин В. Н., Долгополов Н. Н. Полимерные защитные и декоративные покрытия строительных материалов. М., Стройиздат, 1975.
3. Применение полимерных материалов в качестве покрытий. М., Химия, 1968.

На ВДНХ СССР

## Дорожные плиты покрытий

Для устройства постоянных и временных городских дорог и площадок Научно-исследовательской лабораторией физико-химической механики материалов и технологических процессов совместно с КТБ Мосоргстройматериалы разработана новая конструкция железобетонных плит типа ПДП  $3 \times 1,75$ .

Экономичное решение плиты с расходом стали на 11,5 кг меньшим, чем в ранее запроектированной конструкции, получено в результате перерасчета плит, проведенного по уточненной методике с учетом допустимого раскрытия трещин.

Арматурные сетки плит запроектированы таким образом, чтобы обеспечить их изготовление на действующих на заводах сварочных машинах и возможность укладки в форму, имеющую на боковых бортах вкладыши для образования монтажных проемов.

Плиты новой конструкции внедрены на заводах железобетонных изделий № 7, 11, 13, 15, 18, 19, 22 и на Лосино-островском заводе строительных материалов и конструкций. Это позволило повысить технологичность производства; полностью заменить ранее выпускавшиеся и устаревшие плиты типа ПД; улучшить эксплуатационные качества изделий.

Экономия стали по предприятиям Главмоспромстройматериалов в 1981 г. составила 1500 т. Годовой экономический эффект — 300 тыс. р.

Более подробные сведения можно получить в НИЛ ФХММ и ТП по адресу: 105058, Москва, ул. Ткацкая, 46.

## К развитию строительной науки в Киргизии

Для решения важнейших проблем в области строительства, выработки перспективных направлений технической политики, координации научных исследований в стране создана сеть головных научно-исследовательских институтов. В союзных республиках создаются комплексные научно-исследовательские институты, которые призваны решать вопросы строительства, специфические для соответствующей республики.

Народнохозяйственное развитие КиргССР, ее социальные, природно-климатические, производственные, экономические и исторические условия влияют на функционирование строительного комплекса. При всем разнообразии региональных условий строительства (высокая сейсмичность, горный рельеф, сложные грунтовые условия, наличие четырех климатических районов и т. д.) в Киргизии имеются и проблемы, общие для страны в целом.

Строительная наука в Киргизии начала развиваться в первой половине 50-х гг. в одной из лабораторий Киргизского филиала АН СССР (ныне АН КиргССР). Здесь исследовали главным образом свойства минерального сырья для производства строительных материалов.

С развитием промышленности сборного железобетона в г. Фрунзе было построено первое в республике предприятие сборного железобетона, выпускающее изделия и конструкции для жилищно-гражданского, промышленного и сельскохозяйственного строительства. Во второй половине 50-х и начале 60-х гг. строительная наука стала развиваться главным образом в производственных условиях. Строители и работники предприятий строительной индустрии, тесно сотрудничая с учеными и проектировщиками республики, внесли достойный вклад в индустриализацию строительства в городах и селах КиргССР. При участии НИИЖБ началось освоение и внедрение преднапряженного железобетона. Появились первые полносборные здания и сооружения (приборостроительный завод, ПО Киргизавтомаш, полграфкомбинат, автосборочный завод, гостиница «Киргизстан», сборный резервуар для хранения воды и др.). Началось освоение крупнопанельного домостроения (серия 1-464-АС). Стали набирать силы и строительные кафедры Фрунзенского политехнического института. Здесь в 1968 г., после Ташкентского землетрясения, создается проблемная научно-исследовательская лаборатория. Появились и первые кандидаты технических наук в области строительства. В конце 60-х — начале 70-х гг. центр ос-

новной научно-исследовательской деятельности начал перемещаться на строительные кафедры Фрунзенского политехнического института.

Развитие производства сборного железобетона, индустриализация строительства, подготовка инженерно-технических кадров, архитекторов, экономистов-строителей находились под неослабным контролем партийных и советских органов республики. Настало время и для специальной подготовки кадров для научной работы, создания базы для развития строительной науки в КиргССР.

В середине 70-х гг. по инициативе Госстроя КиргССР началась подготовка научных кадров строителей через целевую аспирантуру в научно-исследовательских институтах Госстроя СССР; были созданы четыре научных подразделения — филиалы головных институтов в г. Фрунзе — лаборатории ЦНИИСК (1973 г.), НИИЖБ (1975 г.), НИИОСП (1976 г.) и комплексный отдел архитектуры и градостроительства ТашЗНИИЭП (1977 г.). Госстроем республики с помощью НИИЖБ в г. Фрунзе создана лабораторно-производственная база, оснащенная необходимым оборудованием.

Таким образом, к концу 70-х гг. в г. Фрунзе были созданы необходимые предпосылки для создания республиканского комплексного института в области строительства и архитектуры.

Начало 80-х гг. показало явное несоответствие между потребностями капитального строительства и возможностями строительной науки республики.

Для устранения этих недостатков, совершенствования координации выполнения научно-исследовательских работ, улучшения организации и проведения исследований в области строительства и архитектуры в КиргССР в г. Фрунзе был создан Научно-исследовательский институт строительства и архитектуры (НИИСА) Госстроя КиргССР, куда вошли созданные ранее научные подразделения Госстроя СССР.

НИИСА поддерживает деловые контакты с ведущими институтами страны. Так, например, сотрудники лаборатории сейсмостойкости зданий и сооружений в сотрудничестве с учеными ЦНИИСКА проводят важнейшие научно-технические работы по созданию и исследованию прогрессивных систем и методов активной сейсмической защиты для снижения объемов сейсмических мероприятий при обеспечении необходимого уровня надежности.

В рамках общесоюзной целевой комплексной программы совместно со Среднеазиатским филиалом НИИОСП изу-

чается работа свайных фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях Чуйской долины КиргССР, исследуются возможности расширения области применения прогрессивного метода устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах для районов с повышенной сейсмической опасностью, характерной для территории Киргизии.

Ведутся работы по созданию новых эффективных конструкций покрытий для сельскохозяйственных зданий. В частности, в 1982 г. разработан пространственно-стержневой блок покрытия для производственных сельскохозяйственных зданий, применение которого позволит снизить стоимость строительства, сократить трудозатраты на строительной площадке.

В начале 1983 г. на базе лаборатории сейсмостойкости зданий и сооружений НИИСА проходило Всесоюзное научно-координационное совещание совместно с заседанием рабочей группы «Теория сейсмостойкости и сейсмический риск» МССС АН СССР по проблемам надежности зданий для сейсмоопасных районов. В работе совещания участвовали ведущие специалисты из Москвы, Ташкента, Алма-Аты, Тбилиси и других городов страны.

Внимание сотрудников лаборатории строительных материалов и технологии железобетонных изделий сосредоточено на разработке и внедрении в строительство и промышленность строительных материалов и энергосберегающих технологий, эффективных материалов и изделий, а также использовании отходов промышленных предприятий. Так, например, по договору с республиканским объединением Киргизколхозстрой выполнены работы по совершенствованию технологии производства аглопорита, повышению его прочности и снижению объемной массы, что позволило использовать его в производстве однослойных стеновых панелей для животноводческих помещений. Специальные работы (например, защита от коррозии) выполнялись в содружестве с ЦНИИЭП-сельстроем.

В содружестве с НИИЖБ и ЦНИИЭП жилищной лабораторией железобетонных конструкций ведутся исследования в области конструкций и технологии монолитного сельского домостроения, разрабатываются методы возведения монолитных зданий и сооружений сельскохозяйственного назначения с использованием местных материалов и изучается работа узлов сопряжения сборных элементов каркасных зданий, рекомендованных к внедрению.

Архитекторы НИИСА исследуют возможности использования сложного рельефа местности, пригодной для жилищно-гражданского строительства, с разработкой рекомендаций по функциональной организации и связям жилой застройки, составу жилого фонда, применению различных типов зданий при строительстве на сложном рельефе в городах КиргССР.

Институт уделяет значительное внимание научному обоснованию создания и дальнейшего развития Иссык-Кульско-Чуйского территориально-производственного комплекса. Отделами экономики, архитектуры и градостроительства разрабатываются проблемы развития жилищно-гражданского строительства, градостроительства, инженерной инфраструк-

туры в Иссык-Кульской области, районах Чуйской долины до 2000 г.

Таким образом, научная направленность НИИСА охватывает широкий комплекс проблем капитального строительства: строительные материалы и технология сборного железобетона, эффективные строительные конструкции, основания и фундаменты, сейсмостойкость зданий и сооружений, градостроительство и архитектура, экономика строительства и др. Более половины выполняемых работ связано с проблемами строительства в сельской местности и с реализацией Продовольственной програм-

мы. Одна из основных задач института — определить главное направление научной деятельности на ближайшую перспективу.

Отвечая делом на решения ноябрьского (1982 г.) Пленума ЦК КПСС, коллектив института в принятых на 1983 г. социалистических обязательствах усиливает поиск внутренних резервов дальнейшего роста эффективности выполняемых научно-исследовательских работ, один из источников которых мы видим в укреплении трудовой, производственной и исполнительской дисциплины в сочетании с четкой организацией труда.

Наш институт самый молодой в системе Госстроя СССР, но, поддерживая тесные деловые контакты с другими институтами страны, мы полны решимости на основе совершенствования индивидуального и коллективного социального соревнования, развития движения за коммунистическое отношение к труду превратить его в образцовое научно-исследовательское учреждение.

**И. Г. САВЕЛОВ,**  
директор НИИСА Госстроя КиргССР,  
засл. строитель КиргССР, канд. техн. наук

УДК 69.003:658.387.64

## О социалистических обязательствах коллективов Минпромстроя АрмССР на 1983 г.

Выполняя решения XXVI съезда КПСС и XXVII съезда компартии Армении, развернув социалистическое соревнование за повышение эффективности производства и качества работы, коллективы строительных организаций и предприятий промышленности и транспорта Минпромстроя АрмССР добились определенных успехов. Принятые на 1982 г. социалистические обязательства выполнены коллективами трестов Ерпромстрой, Джермукстрой, Разданстрой, Кирстрой, комбинатом строительных изделий треста Кирстрой, заводом ЖБК-11 и др.

В 1982 г. введено в эксплуатацию свыше 190 объектов промышленного назначения, из них 28 особо важных, предусмотренных народнохозяйственным планом, в том числе Кироваканское производственное трикотажное объединение им. Камо, Ереванская суконная фабрика, Чаренцаванский завод автопогрузчиков, лечебный корпус Института переливания крови, Ленинанканская мебельная фабрика, Ленинанканский завод шлифовальных станков, Севанская птицефабрика и др. Сданы в эксплуатацию жилые дома общей площадью 567 тыс. м<sup>2</sup>, школы на 5580 учебных мест, детские сады и ясли на 2320 мест, поликлиники на 1100 посещений и др. На строительных площадках силами хозрасчетных бригад выполнено строительномонтажных работ более чем на 95 млн. р.

Наряду с этим в 1982 г. в деятельности многих строительных организаций отмечены существенные недостатки. Объединение Ереванстрой, тресты Ленстрой, Абовястрой не выполнили планы по товарной строительной продукции, по общему объему строительномонтажных работ, задания по росту производительности труда и снижению себестоимости строительномонтажных работ, а также допустили значительный перерасход фонда заработной платы.

В 1983 г. организациям министерства предстоит выполнить более напряженную программу по объему товарной строительной продукции, подрядных работ и обеспечению ввода в действие производственных мощностей, жилья и объектов торгового-бытового и культурно-зрелищного назначения.

Претворяя в жизнь исторические решения XXVI съезда КПСС, ноябрьского (1982 г.) Пленума ЦК КПСС, Министерство промышленного строительства АрмССР вызвало на социалистическое соревнование Министерство промышленного строительства Азербайджанской ССР и Министерство строительства Грузинской ССР и приняло следующие социалистические обязательства на 1983 г.

### По строительству:

обеспечить выполнение годового плана по товарной строительной продукции к 29 декабря 1983 г.;

обеспечить ввод в действие мощностей по легкой промышленности с опережением установленных сроков: комплекса Ереванской обувной фабрики № 6 ПО «Масис» — 20 декабря; комплекса Ереванской швейной фабрики № 3 «Гарун» — 29 декабря; комплекса Кироваканского производственно-швейного объединения им. Шаумяна — 25 декабря;

выполнить полностью плановые показатели по объемам строительномонтажных работ на переходящих объектах легкой промышленности — 29 декабря;

обеспечить досрочный ввод в действие системы водоснабжения в районном центре Мегри протяженностью 5,2 км; канализационного коллектора с очистными сооружениями в Ленинанкане протяженностью 1,3 км и пропускной способностью 76 тыс. м<sup>3</sup> сточных вод в сутки; дошкольных учреждений и объектов здравоохранения к 28 декабря;

объем полноторного строительства довести до 183 млн. р.;

удельный вес аккордно-премиальной системы оплаты труда в строительстве довести до 70%; охват рабочих хозрасчетных бригад — до 47% всей численности рабочих-сдельщиков, занятых на строительномонтажных работах;

повысить уровень механизации трудоемких и тяжелых работ в строительстве на 10%;

экономический эффект от внедрения в производство изобретений и рациональных предложений довести до 3,2 млн. р.;

обеспечить экономию строительных материалов и топливно-энергетических ре-

сурсов сверх установленного задания: цемента — 0,1%, металла — 0,1%, лесоматериала — 0,25%, топлива — 1%;

обеспечить сверхплановое снижение себестоимости строительномонтажных работ на 0,06%. За счет повышения трудовой и производственной дисциплины сократить трудоемкость на 0,1 чел.-дн. (на одного рабочего);

на производственно-технических курсах бригадным и индивидуальным методами, а также в учебном комбинате сверх плана повысить квалификацию 50 рабочих.

### По промышленности:

выполнить годовой план по выпуску и реализации товарной промышленной продукции к 29 декабря 1983 г.;

обеспечить рост производительности труда сверх плана на 0,1%;

путем широкого использования местных материалов, отходов промышленности и в результате проведения инженерно-технических мероприятий добиться экономии строительных материалов сверх установленного задания: цемента — 500 т, металла — 260 т;

довести 60% выпускаемой продукции стеновых панелей и панелей перекрытий до полной заводской готовности.

### По автотранспорту:

выполнить годовой план по объему перевозок и грузооборота на автотранспорте к 28 декабря 1983 г. и дополнительно перевезти 45 тыс. т стройматериалов;

перевыполнить годовой объем централизованных перевозок на 1,5%;

обеспечить экономию горюче-смазочных материалов сверх установленного задания на 1,2%.

### По охране труда и быта:

увеличить сеть собственных предприятий общественного питания на 400 посадочных мест;

улучшить условия и обслуживание рабочих, проживающих в общежитиях;

добиться сокращения прогулов на 8%, текучести кадров на строительстве на 1% и в промышленности — на 1,5%;

добиться снижения производственного травматизма на 10%;

обеспечить сдачу собственного жилья в объеме 19,1 тыс. м<sup>2</sup> общей площади — 25 декабря.

Социалистические обязательства приняты на расширенном заседании коллегии Минпромстроя АрмССР и президиума республиканского комитета профсоюза рабочих строительства и промышленности строительных материалов.

## Преднапряженные железобетонные напорные сосуды для термических процессов

В последние годы стремительное повышение цен на нефть и нефтепродукты побудило многие страны к поискам способов переработки твердых горючих ископаемых для получения жидкого топлива. Однако процессы переработки, осуществляемые при значительных давлениях и температурах, требуют создания оборудования, основной частью которого являются высоконапорные сосуды. До последнего времени такие сосуды строились из специальных видов сталей.

Опыт эксплуатации преднапряженных железобетонных корпусов ядерных реакторов и защитных оболочек атомных электростанций позволил создать для указанных термических процессов напорные сосуды из преднапряженного железобетона. Техническая комиссия Международной федерации по предварительному напряжению железобетону (ФИП) обобщила мировой опыт проектирования и строительства напорных сосудов для обычных термических процессов (НСОТП) и опубликовала обзор, содержание которого изложено ниже.

По требованиям безопасности корпуса ядерных реакторов проектируются со значительным запасом по допускаемым напряжениям. Для обычных термических процессов корпуса должны удовлетворять комплексу менее жестких требований. Из железобетона могут быть созданы практически все виды сосудов, причем по сравнению со сталью из железобетона можно изготавливать корпуса любых габаритов при умеренной их стоимости.

НСОТП рассчитываются на внутренние давления и температуры, которые для процессов нефтехимии могут составлять до 27 МПа и 425—760°C соответственно.

Для процессов газификации угля более распространенным является давление порядка 14 МПа, которое и может быть принято в качестве некоторого граничного уровня, отделяющего по методам создания предварительного напряжения одни типы корпусов от других. Параметры эксплуатационного давления и температуры определяют не только расчетом на прочность, но и системами охлаждения и изоляции. Поэтому различные виды НСОТП целесообразно классифицировать именно по этим параметрам.

В настоящее время построен гидростат для эксплуатации при нормальной температуре и давлении 69 МПа, который представляет собой стальной цилиндр высотой 9,15 м и диаметром 3,05 м, с толщиной стенки 260 мм. Давление, передаваемое на торцовые крышки, воспринимается железобетонной преднапряжен-

ной объемлющей рамой. Такой стале-железобетонный корпус был построен в Англии компанией «Каталитик Инт». Корпус другого гидростата на давлении 82,7 МПа был построен компанией «Т. И. Лин Интернэйшнл» для флота США.

Технологические температуры в нефтехимических производствах и переработке угля могут достигать значительных величин. НСОТП имеют, как правило, облицовку из жаропрочной стали с принудительной системой охлаждения, так что температура стенок корпуса находится примерно на уровне 200°C. Существенная тепловая защита стенок корпуса требуется при технологических температурах выше 300°C.

Для создания НСОТП могут использоваться высокопрочные (55—70 МПа) бетоны. Для качественного уплотнения в бетонную смесь вводят пластификаторы. Применение высокопрочных легких бетонов плотностью 1,8 т/м<sup>3</sup> для создания НСОТП пока не предусматривалось, но необходимость в них может возникнуть прежде всего в сейсмических районах

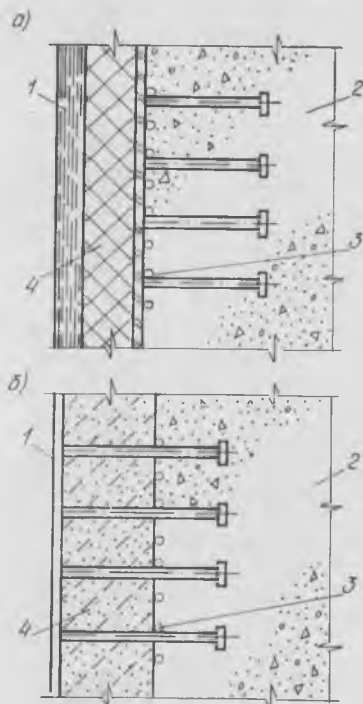


Рис. 1. Типы внутренних облицовок железобетонных корпусов

а — холодная; б — горячая; 1 — жаропрочная металлическая облицовка; 2 — бетон корпуса; 3 — система охлаждения; 4 — теплоизоляция

для снижения массы сооружения. Для участков с большими местными напряжениями, там, где не может быть уложена обычная арматура, нужно использовать фибробетон. Следует изучить возможность применения для НСОТП полимербетонов, бетонополимеров и полимерцементных, а также конструктивных жаростойких бетонов, а также приемы возведения корпуса напорного сосуда методом раздельного бетонирования.

Конструкции НСОТП предполагают обязательное наличие теплозащиты и стальной облицовки, причем последняя может быть двух типов — «холодная» и «горячая» (рис. 1). «Холодная» от непосредственного контакта с горячей средой защищена слоем футеровки и теплоизоляции, имеет водяное охлаждение с помощью системы труб, расположенных за металлическим листом. «Горячая» облицовка имеет непосредственный контакт со средой; водяное охлаждение ее размещается между слоем теплоизоляции и бетоном стенки корпуса. В качестве теплоизоляции применяется жаростойкий бетон, изоляция металлическая экранная или из минеральных волокон. Система водяного охлаждения проектируется с большим запасом, для снижения коррозии труб применяется обработанная вода.

Надежность работы НСОТП обеспечивается конструктивными свойствами преднапряженного железобетона. Разрушение одного или даже нескольких напряженных канатов не влечет за собой разрушения всей системы. Размещение канатов в каналах без инъекции раствора позволяет их обследовать и при необходимости заменять.

Характер разрушения корпуса из преднапряженного железобетона является вязким, его окончательному разрушению предшествует стадия развития значительных деформаций и трещин. При сбросе давления трещины имеют тенденцию к закрытию. Внутренняя облицовка корпуса может служить для фиксации системы охлаждения и одновременно при бетонировании стен быть опалубкой, а также выступать в качестве листовой арматуры, включаясь в работу совместно с бетоном в процессе восприятия нагрузки. По сравнению со стальным железобетонный корпус обладает большей жесткостью, более долговечен и стоек против различных повреждений от внешних воздействий.

В осуществленных корпусах предусмотрено размещение различных датчиков, с помощью которых контролируется уровень напряжений в материале, прежде всего в стальной арматуре. Прочность корпусов, в том числе наиболее ответственных узлов, выверялась на моделях. Для НСОТП применены расчеты, использующиеся для расчетов корпусов ядерных реакторов.

Сравнительный анализ технологической возможности применения тех или иных строительных материалов для сооружения НСОТП по ряду параметров провело Министерство энергетики США. В табл. 1 целесообразность использования материалов по тому или иному параметру отмечена знаком + или ++, а нецелесообразность соответственно — и —.

Преднапряженные железобетонные НСОТП по технологичности сравнимы с многослойными стальными корпусами; но

проектируются им по уровню воспринимаемой температуры, массе и срокам возведения. В то же время эксплуатационные расходы для железобетонных корпусов ниже.

Для железобетонных корпусов одной из существенных проблем является образование по внешней поверхности трещин при внутреннем давлении выше 20 МПа. Существует целый класс конструкций из железобетона, в которых допускается образование трещин, причем они как раз наиболее экономичные, поскольку в них наиболее полно используются прочностные свойства арматуры. При отнесении НСОП к этому классу может быть получен значительный экономический эффект.

Рекомендации Министерства энергетики США ограничивают распространение трещин на 3/8 от полной толщины стенки корпуса. Например, указанный в таблице 2, п. 2 корпус сепаратора имеет высоту 84 м, наружный диаметр 20,4 м, внутренний 10,2 м. Наружная обмотка напрягаемой арматуры создает радиальные напряжения 9 МПа. При недопущении растяжения в кольцевом направлении по внешнему периметру толщина стен должна была равняться 8,15 м, в реальном же проекте она была уменьшена на 3,05 м, что предотвращало возникновение растягивающих напряжений по периферии корпуса на уровне 6,72 МПа и соответственно образование трещин с ограниченным раскрытием. Расчет показывает, что принцип выдерживания нулевых напряжений на внешней поверхности корпуса приводит к тому, что, например, при увеличении внутреннего давления на 50% толщина стен корпуса должна быть увеличена в 4,3 раза.

Другой важной проблемой является обеспечение непроницаемости корпуса для перерабатываемой жидкости. При максимальных уровнях давлений описанных технологических процессов бетон является проницаемым материалом, поэтому герметичность сосуда обеспечивается внутренней металлической облицовкой. На случай ее возможного нарушения, как показали проведенные в Швеции опыты, в стенке корпуса за облицовкой следует предусматривать специальный дренаж. Вариантом этого решения может служить устройство облицовки, состоящей из двух слоев, разделенных пространством, заполненным инертным газом.

Расчет НСОП ведется на рабочие давления для данного технологического процесса. Коэффициенты перегрузок должны назначаться исходя из конкретных условий эксплуатации. В действующих нормах коэффициент безопасности по материалу обычно принимается равным 2.

Корпус должен быть рассчитан на различные неблагоприятные сочетания нагрузок, к ним относятся внутреннее давление, температурный градиент при нагреве и охлаждении корпуса, нагрузки от оборудования, преднапряжения арматуры, воздействия среды, огня, сейсмические и др. В расчете следует учитывать усадку и ползучесть бетона во времени. Для снижения температурных перепадов в австрийских проработках снаружи предусматривается дополнительная изоляция корпуса.

Вводы различных коммуникаций в теле корпуса представляют собой сложную

Тип корпуса	Опыт сооружения	Восприятие внутренних усилий	Размещение вводов	Водородостойкость	Высокая температура	Свариваемость	Наличие материалов	Безопасность	Ремонтоспособность	Малая масса	Время возведения
Однослойный стальной	++	+	++	-	+	-	-	+	-	+	-
Многослойный стальной	++	++	++	++	+	+	++	++	-	+	+
Преднапряженные: железобетонный	+	++	+	++	-	+	++	++	++	-	-
чугунный	+	++	+	++	+	++	++	++	++	+	+

конструктивную проблему. Здесь следует максимально учесть опыт устройства вводов в корпусах ядерных реакторов и защитных оболочек и включение этих закладных элементов в работу в процессе длительного деформирования бетона корпуса. Одним из наиболее существенных преимуществ железобетонных корпусов является возможность их изготовления практически в любых габаритах в отличие от металла, который имеет ограничения по массе отливок, толщине листов при прокате и соединении и др.

Предварительное напряжение корпуса наиболее эффективно может быть осуществлено вертикальными канатами и обмоткой по наружной поверхности в горизонтальном направлении. Обмотку целесообразно использовать для цилиндрических корпусов при внутреннем давлении обрабатываемой среды 14 МПа и выше. Напряжение в горизонтальном направлении может осуществляться и в криволинейных каналах относительно контрфорсов, специально предусматриваемых по периметру корпуса.

При разработке требований по приемке готовых корпусов и их обследованию в процессе эксплуатации следует максимально использовать опыт подготовки

Таблица 2

№	Назначение сосуда	Размеры (H×D), м	Толщина стенки, см	Условия эксплуатации	
				Давление, МПа	Температура, °С
1	Абсорбер (П)	47×14,2	348	7,6	70
2	Сепаратор	84×20,4	510	14,2	410
3	Газификатор	55,5×16	424	7,7	925—1640
4	» (П)	46,5× ×16,7	378	7,6	970
5	»	82×18,5	453	9,15	1010

Примечание. (П) — проект.

документов для приемки корпусов атомных реакторов и защитных оболочек. В отличие от стального железобетонный корпус в основном сооружается на площадке, поэтому следует предусматривать систематический контроль качества применяемых материалов (бетона, арматуры, металла закладных частей и др.).

Напорные сосуды высокого давления являются весьма дорогими сооружениями, стоимость их составляет десятки и сотни миллионов долларов. Поэтому чем

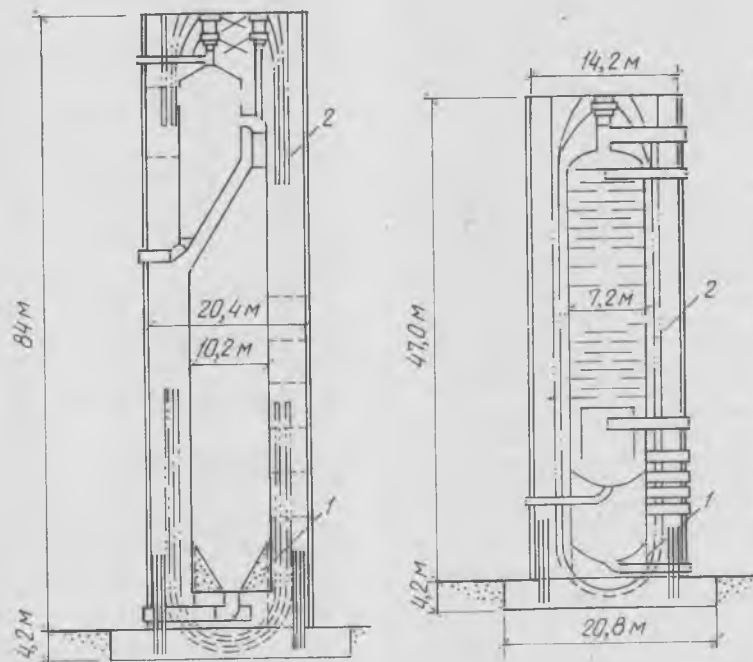


Рис. 2. Типы корпусов НСОП

1 — стальная обечайка; 2 — напрягаемая арматура



больше полезная емкость корпуса, тем выгоднее будет применение железобетона. На стоимость железобетонного корпуса будут также влиять наличие местной базы по изготовлению конструкций и другие факторы.

В табл. 2 содержатся данные по проектам и осуществленным НСОТП для переработки угля.

Конструктивные схемы аппаратов, указанных в таблице под пп. 1 и 2, показаны на рис. 2. По поручению Мини-

стерства энергетики США две американские строительные компании «Ральф М. Парсон Компани» и «Т. И. Лин Интернэшнл» провели анализ сравнительной стоимости напорных сосудов для обычных тепловых процессов из преднапряженного железобетона и стали. По их расчетам получалось, что капитальные затраты на сепаратор из железобетона для перегонки угля более чем в 3 раза ниже стоимости 18 стальных корпусов аналогичной суммарной ем-

кости (130 и 430 млн. долларов соответственно), железобетонный абсорбер заменяет 6 стальных и оказывается в 2,5 раза дешевле, газификатор на 10% дешевле и т. д.

Таким образом, применение преднапряженного железобетона для напорных сосудов обычных термических процессов позволяет значительно укрупнить сосуды, а за счет применения более дешевых материалов получить существенный экономический эффект.

УДК 691.87:693.554:66.097.7

Ратинов В. В., Розенталь Н. К. **Ингибиторы коррозии стальной арматуры в бетоне.** — Бетон и железобетон, 1983, № 8, с. 5—7

Проанализированы рациональные области применения ингибиторов коррозии стальной арматуры в бетоне. Предложены наиболее эффективные ингибиторы коррозии, вводимые индивидуально или в сочетании с другими. Определены масштабы использования ингибиторов коррозии арматуры и показано, что они экономически выгодны. Рассмотрены результаты длительных испытаний железобетона с ингибиторами коррозии арматуры.

УДК 666.972.162

Москвин В. М. **Гидрофобизация как средство повышения стойкости бетона.** — Бетон и железобетон, 1983, № 8, с. 7—9

Дается описание методов и эффекта гидрофобизации бетона кремнийорганическими веществами. Показана возможность объемной и поверхностной гидрофобизации, граница эффективности подобной обработки бетона для повышения его стойкости и долговечности. Описаны примеры гидрофобизации различных сооружений. Ил. 4, список лит.: 3 назв.

УДК 624.012.45:691.54

Кузнецова Т. В. **Цементы для конструкций повышенной коррозионной стойкости.** — Бетон и железобетон, 1983, № 8, с. 10—11

Излагаются результаты исследований коррозионной стойкости глиноземистых цементов. На основе анализа их гидратационной структуры сделан вывод о необходимости создания цементов при гидратации которых образуется гидроксид алюминия. Эти выводы реализованы при разработке сульфоалюминатных цементов, и на их основе расширяющихся и напрягающих цементов. Приведены экспериментальные данные по стойкости предложенных цементов в различных агрессивных средах. Табл. 4, список лит.: 3 назв.

УДК 691.544:666.943

**Сульфатостойкие шлакопортландцементы/И. А. Крыжановская, Ю. Л. Гальчинецкая, Э. Е. Киряева и др.** — Бетон и железобетон, 1983, № 8, с. 11—12

Приведены результаты изучения коррозионной стойкости бетонов на шлакопортландцементе и данные практики применения их в строительстве при наличии агрессивных вод, позволившие уточнить требования к шлакам и клинкерам сульфатостойкого шлакопортландцемента.

УДК 691.327:620.193.2

Чернов А. В. **Классификация и оценка агрессивности органических сред.** — Бетон и железобетон, 1983, № 8, с. 13—14

Приведены теоретические основы классификации органических веществ по механизму их коррозионного действия на бетон и результаты определения коррозионной активности органических агрессивных сред, наиболее распространенных на предприятиях химической и нефтехимической промышленности. Табл. 1.

УДК 624.014.2:620.197

Флакс В. Я., Подвальный А. М. **Антикоррозионная защита стальных соединений в сборном железобетоне.** — Бетон и железобетон, 1983, № 8, с. 14—16

Изложен комплексный подход к назначению антикоррозионной защиты стальных соединений железобетонных конструкций. Предложена формула для расчета коррозионного износа. Подход продемонстрирован на узлах сопряжений каркасно-панельных зданий металлургических и машиностроительных предприятий с неагрессивной и слабоагрессивной эксплуатационной средой. Показана возможность уменьшения объема антикоррозионной защиты, в том числе металлическими покрытиями, и переход от двустадийной к одностадийной защите в построечных условиях. Ил. 2, список лит.: 5 назв.

УДК 624.191.725:69.059.4

Читаишвил Т. Г. **Повышение долговечности подземных бетонных сооружений.** — Бетон и железобетон, 1983, № 8, с. 16—17

Исследована кинетика коррозионных процессов в бетоне подземных сооружений в сульфатных средах и разработаны методы повышения их долговечности.

УДК 691.327:620.193.2

Попова О. С. **Коррозионная стойкость бетонов с добавками водорастворимых смол.** — Бетон и железобетон, 1983, № 8, с. 17—19

Показано, что коррозионная стойкость цементно-полимерных бетонов повышенной плотности определяется структурой материала. При введении смолы первой группы (№ 89, ТЭГ-1) существенно повышается долговечность бетонов в агрессивных средах. Ил. 1, табл. 2, список лит.: 5 назв.

УДК 624.012.45:620.169.1

Дубницкий В. Ю., Заславский И. Н., Чернявский В. Д. **Прогнозирование срока службы конструкций по данным натуральных обследований.** — Бетон и железобетон, 1983, № 8, с. 19—20

Описана методика прогнозирования долговечности бетона железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в условиях увлажнения сульфатосодержащими растворами и при периодическом высушивании. Список лит.: 3 назв.

УДК 691.327:620.193.2

Орентлихер Л. П. **Коррозионная стойкость бетона на пористых заполнителях.** — Бетон и железобетон, 1983, № 8, с. 21

Рассмотрены особые условия формирования порового пространства и контактной зоны в бетонах на пористых заполнителях. Эти особенности, а также некоторые свойства рассматриваемого бетона определяют его высокую коррозионную стойкость к воздействию агрессивных сред. Табл. 2, список лит.: 4 назв.

УДК 666.973.6

Лобанов И. А., Пухаренко Ю. В., Моргун Л. В. **Безавтоклавные ячеистые бетоны, армированные синтетическими волокнами.** — Бетон и железобетон, 1983, № 8, с. 28—30

Изложены результаты исследований по армированию безавтоклавных ячеистых бетонов синтетическими волокнами — отходами производства. Установлено, что введение в ячеистый бетон синтетических волокон способствует улучшению его структуры, повышает прочность, трещиностойкость и морозостойкость исследуемого материала. Ил. 3, табл. 2.

УДК 69.022:326:624.046

Абрамов Л. И., Тростянский П. В. **Организационно-техническое обеспечение несущей способности панельных домов.** — Бетон и железобетон, 1983, № 8, с. 32—33

Предлагается статистический метод контроля и оценки несущей способности панельных домов, основанный на контроле качества смонтированных платформенных стыков. Представлены результаты анализа множественной регрессии показателей организационно-технических факторов на статистические показатели уровня несущей способности панельных домов. Анализ множественной корреляции и регрессии осуществлен на основании результатов натуральных обследований в процессе строительства 90 панельных домов в Москве.

УДК 624.072.23

Маилян Л. Р. **Приближенный метод расчета неразрезных балок с учетом перераспределения усилий.** — Бетон и железобетон, 1983, № 8, с. 35—36

Проанализированы существующие приближенные методы расчета, их предпосылки и совпадение с опытными данными. Предложен новый метод расчета, дающий лучшее совпадение теоретических опытных данных. Ил. 1, табл. 1, список лит.: 3 назв.

## CONTENTS

- Batrakov V. G., Metelitsyn I. G.* High frost-resistant concretes made of moulded mixes
- Ratinov V. B., Rosental N. K.* Inhibitors of steel reinforcement corrosion in concrete
- Moskvin B. M.* Water-repellency treatment as a means of increasing concrete durability
- Kuznetsova T. V.* Cements for structures of high corrosion resistance
- Kryzhanovskaya I. A., Galchinskaya Yu. L., Kiryaeva E. E., Batalina L. A., Mushtakov M. I., Subbotkin M. I., Volkova A. I.* Sulphate-resistant slag-portland-cements
- Chernov A. V.* Classifying and assessment of organic environments corrosiveness
- Flaks V. Ya., Podvalnyi A. M.* Anticorrosive protection of steel joints in precast reinforced concrete
- Chitaishvili T. G.* Increase of durability of underground concrete structures
- Popova O. S.* Corrosion resistance of concretes with water-soluble resins as admixtures
- Dubnitsky V. Yu., Zaslavsky I. N., Chernyavsky V. D.* Prediction of structures service life according to the data of field inspection
- Orentlikher L. P.* Corrosion resistance of concrete with porous aggregates
- Bievets N. L.* Construction experience of buildings with roofs of large-size structures
- Ostavnov V. A., Burkas A. I., Galich V. D., Tseitlin A. A., Gordeeva T. F.* Unified schemes of arched agricultural buildings
- Tsilosani Z. N., Tatishvili T. I., Machavariani R. N., Lomidze Sh. A.* Reinforced concrete products impregnated in sulphur melt for agricultural units
- Zhivotovskiy I. L., Mukhin Yu. M., Tsyro V. V., Podsypanin Yu. I.* Cassete-conveyer line for large-panel house building
- Abramov L. I., Trostjansky P. V.* Organization and technical control of bearing capacity for panel buildings
- Glukhovskoy K. A.* Industrial methods for erecting of cast-in-situ and precast and cast-in-situ structures

## CONTENU

- Batrakov V. G., Metelytsine I. G.* Les bétons de haute résistance au gel en mélanges coulés
- Ratinov V. B., Rozental N. K.* Les inhibiteurs de la corrosion des armatures d'acier en béton
- Moskvine V. M.* La hydrofugation comme le moyen de perfectionnement de la résistance du béton
- Kouznetsova T. V.* Les ciments pour les structures a une résistance à la corrosion élevée
- Kryzhanovskaja I. A., Galtchinetskaja Yu. L., Kirjaeva E. E., Batalina L. A., Mouchtakov M. I., Soubotkine M. I., Volkova A. I.* Les ciments portland de laitier résistants aux sulfates
- Tchernov A. V.* La classification et l'évaluation de l'agressivité des milieux organiques
- Phlax V. Ja., Podvalny A. M.* La protection contre la corrosion des joints en acier dans le béton armé préfabriqué
- Tchitaichvili T. G.* L'augmentation de la durabilité de vie des ouvrages souterrains en béton
- Popova O. S.* La résistance à la corrosion des bétons avec des adjuvants de résines hydrosolubles
- Doubnitsky V. Yu., Zaslavsky I. N., Tchernjavsky V. D.* Prediction de la durée de service des structures d'après les données d'examen en nature
- Orentlikher L. P.* La résistance à la corrosion du béton sur les agrégats poreux
- Byevets N. L.* L'expérience de la construction des bâtiments avec les recouvrements en structures de grandes dimensions
- Ostavnov V. A., Bourakas A. I., Galitch V. D., Tseytline A. A., Gordeeva T. Ph.* Les plans unifiés des bâtiments agricoles voûtés
- Tsylossani Z. N., Tatichvili T. I., Matchavariani R. N., Lomidze Ch. A.* Les produits en béton armé imprégnés dans la solution de soufre pour les installations agricoles
- Zhivotovskiy I. V., Moukhine Y. M., Tsyro V. V., Podsypanine Yu. I.* La ligne en caissons-convoyeur pour la construction des bâtiments en gros panneaux
- Abramov L. I., Trostjansky P. V.* L'assurance d'organisation technique de la capacité portante des bâtiments en panneaux
- Gloukhovskoj K. A.* Les méthodes industrielles pour la construction des structures monolithes et préfabriquées-monolithes

## INHALT

- Batrakow W. G., Metelizyn I. G.* Betone von hoher Frostbeständigkeit aus Gussmischungen
- Ratinow W. B., Rosentalj N. K.* Korrosionsinhibitoren der Stahlbewehrung im Beton
- Moskwin W. M.* Hydrophobierung als Mittel der Erhöhung des Betonbeständigkeit
- Kusnezowa T. W.* Zement für Konstruktionen von erhöhter Korrosionsbeständigkeit
- Kryzhanovskaja I. A., Galtschinez-kaja Ju. L., Kirjajewa E. Je., Batalina L. A., Muschtakow M. I., Subbotkin M. I., Wolkowa A. I.* Sulfatbeständige Schlackenportlandzemente
- Tschernow A. W.* Klassifizierung und Beurteilung der Aggressivität von organischen Medien
- Flax W. Ja., Podwalyj A. M.* Korrosionsschutz von Stahlverbindungen im vorgefertigten Stahlbeton
- Tschitaichwili T. G.* Erhöhung der Dauerhaftigkeit von Tiefbauanlagen aus Beton
- Popowa O. S.* Korrosionsbeständigkeit von Betonen mit Zusatzmitteln von wasserlöslichen Harzen
- Dubnizki W. Ju., Saslawski I. N., Tschernhjawski W. D.* Vorausbestimmung der Gebrauchsdauer von Konstruktionen nach Daten der Untersuchungen am Bauwerk
- Orentlicher L. P.* Korrosionsbeständigkeit des Betons unter Anwendung von porösen Zuschlagstoffen
- Bijewez N. L.* Erfahrung im Bau von Gebäuden mit Dächern aus grossformatigen Konstruktionen
- Ostawnow W. A., Burakas A. I., Galitsch W. D., Zeitlin A. A., Gordejewa T. F.* Vereinheitlichte Schemata von gewölbten landwirtschaftlichen Gebäuden
- Zilossani S. N., Tatischwili T. I., Matchawariani R. N., Lomidse Sch. A.* Die mit Schmelze des Schwefels imprägnierten Stahlbetonerzeugnisse für landwirtschaftliche Bauobjekte
- Shiwotowski I. L., Muchin Ju. M., Zyro W. W., Podsypanin Ju. I.* Batteriefelles sferigungsanlage für Grossplattenbauweise
- Abramow L. I., Trostjanski P. W.* Organisatorisch technische Sicherung der Tragfähigkeit von Plattenhäusern
- Gluchowskoj K. A.* Industriemethoden der Errichtung von monolithischen und Fertigteilkonstruktionen mit monolithischem Verbund

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

Технический редактор Сангурова Е. Л.

Корректор Федина А. В.

Сдано в набор 13.06.83.  
Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>8</sub>  
Тираж

Печать высокая  
Подписано в печать 12.07.83.  
Усл. печ. л. 6,0

Усл. кр.-отт. 6,75

Т-12550  
Уч.-изд. л.  
Заказ 245

Адрес редакции:  
101442, Москва, ГСП-4, Калевская, 23а  
Тел. 258-18-54, 258-24-76

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

## Состав совета содействия журналу «Бетон и железобетон» по Грузинской ССР

**Н. В. Ахвледиани** — руководитель отдела ИСМиС АН ГССР, канд. техн. наук;

**В. Ш. Каландадзе** (ответственный секретарь) — заведующий лабораторией ГрузНИИЭГС, председатель Грузинского республиканского корреспондентского пункта и редсовета Стройиздата, засл. инженер ГССР, канд. техн. наук;

**О. П. Квирикадзе** — старший научный сотрудник ИСМиС АН ГССР, канд. техн. наук;

**О. И. Квицаридзе** — директор комплексного научно-исследовательского института Грузниистром, засл. инженер ГССР, канд. техн. наук;

**М. М. Кебуладзе** (зам. председателя) — главный специалист ГрузГИПРОшахт, засл. инженер ГССР;

**Г. В. Кизирия** — зав. отделом ИСМиС АН ГССР, д-р техн. наук, проф.;

**Т. К. Кутателадзе** — зам. председателя Госстроя ГССР;

**Ш. А. Ломидзе** — первый зам. министра сельского строительства ГССР, канд. техн. наук;

**В. И. Осидзе** — старший научный сотрудник ГрузНИИЭГС, засл. инженер ГССР, канд. техн. наук;

**Э. А. Сехниашвили** — чл. корр., секретарь АН ГССР, д-р техн. наук, проф.;

**В. А. Славинский** — зав. кафедрой железобетонных конструкций ГПИ имени Ленина, д-р техн. наук; проф.;

**А. З. Татишвили** — зав. кафедрой строительной техники и технологии инженерно-экономического факультета Тбилисского Государственного Университета, канд. техн. наук, доцент;

**В. А. Туманишвили** — инженер центральной лаборатории бетона и железобетона Закметаллургстроя;

**З. Н. Цилосани** (председатель) — зав. отделом ИСМиС АН ГССР, д-р техн. наук, проф.;

**Н. П. Чкуасели** — зав. отделом Госстроя ГССР, канд. техн. наук;

**Г. М. Чомахидзе** — главный специалист Гипроводхоза, засл. инженер ГССР;

**В. Н. Шайшмелашвили** — зав. отделом Тбилисского ЗНИИЭП, канд. техн. наук

# Авторские свидетельства

## № 12\*

№ 1007988. А. И. Горбунов, В. В. Попов и В. П. Девиденко. Донецкий Промстройинипроект. Способ изготовления строительных конструкций. № 1008186. Ф. Я. Каменский, В. А. Клоков, А. Л. Томашпольский и В. И. Соловьев. СКБ НПО Прокат-деталь и Карагандинский политехнический ин-т. Способ приготовления комплексной добавки для бетонной смеси. № 1008385. В. Н. Выдрин, Ю. П. Сердега, В. В. Гулунов и др. Челябинский политехнический ин-т и Челябинский Промстройинипроект. Арматурный стержень периодического профиля. № 1008387. Г. В. Милях. Скользящая опалубка. № 1008388. В. Е. Кюнс, Г. И. Гескин, Я. Д. Зенгин и О. В. Сазонова. Донецкий Промстройинипроект. Скользящая опалубка для бетонирования водоводов. № 1008389. В. И. Евдокимов и Ю. П. Капралов. Устройство для навивки арматуры.

## № 13

№ 1009772. В. Н. Плотников и С. М. Смирнов. Казортгестрой. Форма для изготовления изделий из бетонных смесей. № 1009773. П. И. Алексеев, Б. П. Красов, Л. Н. Нестерова и Н. В. Фомина. Способ заделки пустот в торцах свежетоформованных плит перекрытий. № 1009775. С. М. Трембицкий и Г. Н. Теняев. ВНПО Союзжелезобетон. Головка станка радиального прессования трубчатых изделий из бетонных смесей. № 1009776. И. С. Иващенко, В. М. Крылов, В. Л. Мартынычев и А. Ф. Шашин. Гипростромаш. Устройство для изготовления трубчатых изделий из бетонных смесей центрифугированием. № 1009777. А. Л. Ционский, В. А. Хрипунов, В. В. Пирожников и др. НИИЖБ. Способ формования трубчатых изделий из бетонных смесей. № 1009778. В. В. Перевозчиков, Л. Г. Славкин и А. А. Чече. ИСиА Госстроя БССР и КТБ с опытным производством Госстроя БССР. Патрон для крепления сердечника трубчатых изделий из бетонной смеси. № 1009779. В. И. Баспонок, Г. М. Георгиев, Л. И. Гринберг и В. Я. Павлюк. ЭПКБ Главсевкавстроя. Смеситель. № 1009781. В. М. Алымов, А. Г. Варушкин и К. М. Королев. Бетоносмеситель. № 1010035. Л. Ф. Калмыков, С. Ф. Якубовский, А. П. Шведов и др. Новополоцкий политехнический ин-т. Бетонная смесь. № 1010038. Ю. М. Баженов, Н. Н. Долгополов, Н. Ф. Башлыков и др. ВНПО Союзжелезобетон. Способ приготовления бетонной смеси. № 1010235. В. А. Валуевич, Д. М. Иванов и А. В. Городецкий. Минский филиал КТБ стройиндустрия. Устройство для закрепления напрягаемой арматуры

## № 14

№ 1011371. А. И. Семенов. Форма для изготовления железобетонных изделий. № 1011374. Г. Ф. Киреев, А. Г. Коренюк, Б. М. Кавицкий и др. КиевЗНИИЭП. Установка для формования объемных железобетонных элементов. № 1011383. А. И. Семенов. Бетоноукладчик. № 1011384. А. И. Семенов и В. К. Шариков. Бетоноукладчик. № 1011385. В. М. Ширшов, С. Р. Памян, В. М. Прилепа и А. В. Наумов. Устройство управления дозированием бетонной смеси. № 1011583. А. И. Миняйло, Т. Н. Горелик, П. И. Павелько и др. Бетонная смесь. № 1011584. А. М. Чманов, Х. С. Кафарова и З. Г. Курбанова. НИИСМ. Вяжущее для бетонной смеси и строительного раствора. № 1011585. Ф. Я. Ковалев, Н. Л. Лемец, А. С. Дрозд и Ж. И. Лобан. НПО Дорстройтехника. Комплексная добавка для бетонной смеси. № 1011586. Е. С. Силаенков, Г. Н. Нудель, И. В. Булаенко и др. Сырьевая смесь для изготовления ячеистого бетона. № 1011587. И. Б. Удачкин, О. Д. Парашенко, Л. П. Папкина и др. НИИСМ. Способ приготовления порообразователя для ячеистобетонной смеси. № 1011588. С. А. Высоцкий, Б. О. Багров, Б. А. Крылов и др. НИИЖБ. Сырьевая смесь для изготовления ячеистого бетона. № 1011589. С. С. Болбас, В. П. Седунов, В. Г. Якименко и др. Бетонная смесь. № 1011590. В. Н. Старчук, В. Ф. Баранников и В. А. Ракша. Киевский филиал Центрального межведомственного ин-та повышения квалификации руководящих работников и специалистов строительства при МИСИ. Способ изготовления строительных изделий. № 1011591. В. Н. Колотушкин, Т. Б. Рассыпнова, Л. В. Ушкова и Ю. Б. Базанов. Сырьевая смесь для изготовления жаростойкого бетона. № 1011603. Б. У. Седунов, В. В. Шалупов, Б. Д. Татурбнев и др. МИСИ. Бетонная смесь. № 1011607. Э. И. Гончаров, В. А. Полюдов, В. С. Левин и В. Г. Костров. Новополоцкий политехнический ин-т и завод ЖБИ. Пропарочная камера. № 1011608. Н. М. Богин, С. Ф. Евланов и В. И. Штейн. СКБ Главстройпрома и Всесоюзный проектно-технологический ин-т транспортного строительства. Устройство для тепловлажностной обработки бетонных и железобетонных изделий. № 1011609. В. Ф. Завадский и Е. А. Трушкова. Новосибирский инженерно-строительный ин-т. Способ защиты поверхности строительных изделий. № 1011813. М. К. Печерин и И. Б. Радашкевич. СибЗНИИЭП жилища. Стыковое соединение наружных стеновых панелей с несущей конструкцией здания. № 1011816. М. Б. Джурицкий, Н. Е. Сандыков, Ким Ел. Бе и др.

Оргэнергострой. Стыковое соединение железобетонных панелей.

№ 1011819. Н. А. Маркелов и И. В. Санников. КиевЗНИИЭП. Оболочка покрытия и способ ее монтажа. № 1011823. Э. З. Жуковский, Г. И. Акулов, В. Ф. Шаблия и О. В. Долганова. МНИИТЭП. Пространственное покрытие зданий и сооружений. № 1011825. В. С. Коган, Г. С. Кобринский, Л.-Х. Б. Цимерманис и Р. Л. Романов. ЛатвНИИЭС. Многослойный строительный элемент. № 1011826. Ф. Л. Шехтер, Л. А. Скроб и Х. Г. Ярокер. ЦНИИПромзданий. Светопроницаемая панель. № 1011827. А. С. Мацкевич, П. В. Золотов, Н. Н. Маркевич и др. НПО Дорстройтехника. Железобетонная балка. № 1011828. И. П. Гальцев. Оргэнергострой. Опалубка. № 1011833. Б. Ф. Рудинский, В. Н. Животов и В. Т. Шаленный. Днепетровский инженерно-строительный ин-т. Скользящая опалубка для возведения стен. № 1011834. В. Т. Спесивцев, В. Н. Биенко, А. Г. Шеремет и А. И. Попко. ПКБ Минсельстроя БССР. Устройство для перемещения горизонтально скользящей опалубки. № 1011836. В. В. Соколов и А. М. Гушин. ПТИ по совершенствованию организации, технологии и механизации строительства, экономики и АСУ. Опалубка для бетонирования колонн. № 1011839. В. И. Евдокимов, Л. С. Война. Устройство для натяжения арматуры. № 1011840. Н. И. Шамриков. СКТБ стройиндустрия. Многоэтажное здание. № 1011841. Ю. И. Белин, В. И. Карев, А. А. Литвак и др. ПТТ. Элеваторогострой. Горизонтальный стык сборных стеновых деталей из железобетонных элементов. № 1011847. А. И. Коваленко, Н. М. Тимофеев и П. И. Васильев. Ленинградский политехнический ин-т. Башня. № 15 № 1013280. В. Д. Ракитянский, А. Б. Змойро, Ю. В. Чеховский и др. НИЛ ФХММ и ТП. Устройство для уплотнения бетонной смеси. № 1013284. М. В. Шевченко и И. Ф. Пинаев. Днепетровский филиал НИИСП. Форма для изготовления изделий из бетонных смесей. № 1013285. И. А. Бурштейн, Ю. В. Галата, П. П. Иванча и Е. Л. Климко. Форма для изготовления часторебристых плит из бетонных смесей. № 1013287. А. В. Орлов и Л. М. Окунь. КТИ Минпромстроя СССР. Форма для изготовления изделий из бетонных смесей. № 1013289. И. М. Юсуфов, Н. Н. Османов, С. Ф. Набиев и др. Азербайджанский инженерно-строительный ин-т. Смазка для металлических форм. № 1013294. И. И. Порошин, В. В. Попов, Г. М. Боярчук и В. П. Давиденко. Донецкий Промстройинипроект. Устройство для формования тел вращения из бетонных сме-

\* См.: Открытия, изобретения. 1983.