

# БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

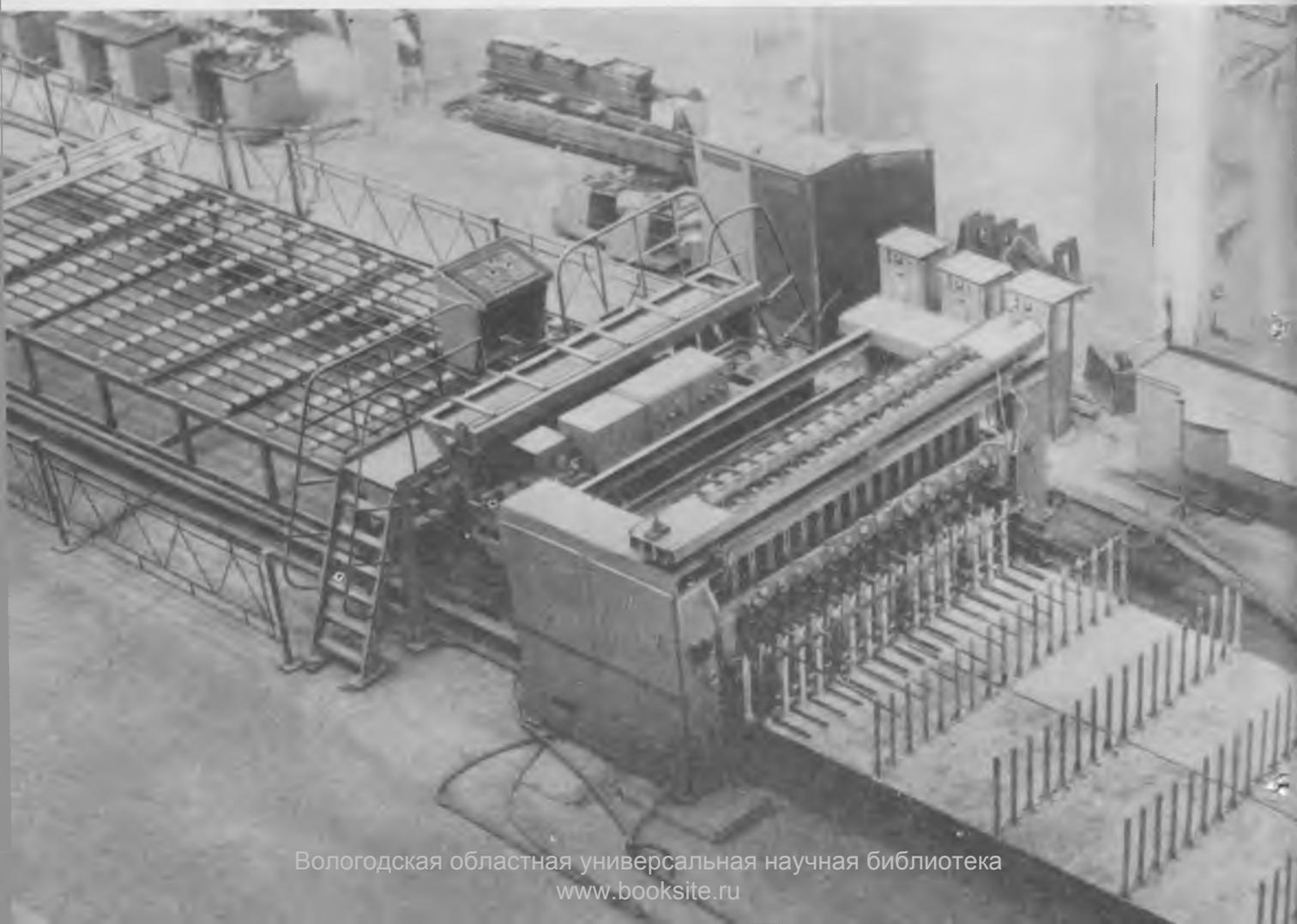
3-1981

XXVI съезд КПСС поставил перед партией, советским народом величественные социально-экономические и политические задачи по дальнейшему развитию нашей страны. Одиннадцатая пятилетка станет важным этапом на пути построения коммунизма.

Строители, работники стройиндустрии и промышленности строительных материалов должны приложить все усилия к тому, чтобы успешно выполнить грандиозные предначертания XXVI съезда нашей партии.

**Комплексно-механизированная линия КМТ-320IV4**

(к статье Н. Е. Носенко «Индустриализация арматурных работ при строительстве из монолитного железобетона»)



# БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР  
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ  
ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ с апреля 1955 г.

## Содержание



### Трибуна соревнующихся

26 ударных недель	2
<b>Решения XXVI съезда КПСС — в жизнь!</b>	
Повысить производительность труда и качество арматурных работ	3
<i>Носенко Н. Е.</i> Индустриализация арматурных работ при строительстве из монолитного железобетона	4
<i>Рожненко М. Д.</i> Совершенствование оборудования для изготовления арматурных сеток	6
<i>Волков Л. А.</i> Развитие автоматизированных линий и оборудования для производства арматурных сеток	8
<i>Досюк В. Д., Подлесных В. С., Андрейченко А. В., Пьяных В. В., Мадатян С. А.</i> Автоматизация заготовки и натяжения высокопрочной стержневой арматуры	10
<i>Михайлов К. В., Мулин Н. М., Рогатин Ю. А.</i> Методика расчета потребности и экономии арматурных сталей в строительстве	12
<i>Вайнтруб Э. С.</i> Совершенствование процесса заготовки арматурных стержней на правильно-отрезных станках	13
<i>Хаит И. Г., Дубровин Ф. М., Онуприенко В. И.</i> Высадка анкерных головок на стержневой высокопрочной арматуре	15
<i>Терещенко Л. Ф.</i> Исследование процесса гибки арматурных стержней	16
<i>Дегтярев В. С.</i> Сортировка горячекатаных арматурных стержней	17
<i>Ситников Ю. В.</i> Особенности арматурных работ на строительстве Костомукшского ГОКа	18
<i>Чудаков В. В., Сидоркин В. И., Бородин П. В., Голиков В. Е., Вдовин С. С., Минкин Б. Р.</i> Опыт внедрения нового оборудования для арматурно-сварочных работ	19
<b>Конструкции</b>	
<i>Маркус Я. И., Янкевич М. А., Рубач О. М.</i> Назначение и применение марок плит покрытий промзданий	20
<i>Шур И. П., Кудрявцев А. А.</i> Трещиностойкость изгибаемых элементов и керамзитобетона низких марок	21
<i>Васильев А. П., Голосов В. Н.</i> Состояние и перспективы развития конструкций с внешним армированием	23
<i>Чиненков Ю. В., Евдокимов А. А., Колосов Г. Е., Заренин В. А., Усачев Т. А., Солюс Ю. М.</i> Трехслойные стеновые панели с гибкими связями и эффективным утеплителем	25
<i>Муромский К. П., Макаричев В. В.</i> Особенности работы сжатой арматуры в конструкциях из ячеистого бетона	28
<i>Полтавцев С. И.</i> Выносливость мелкозернистых бетонов для панелей основания раздельного пола	26
<b>Бетоны</b>	
<i>Кравченко И. В., Кузнецова Т. В., Астанский Л. Л., Харламов В. А., Брусилов А. В.</i> Быстротвердеющий цемент — бесалит	30
<i>Волженский А. В., Карпова Т. А., Афанасьева В. Ф., Миронов С. А., Высоцкий С. А.</i> Кинетика твердения бетона на СБТЦ при разных температурах	32
<i>Воротцова Т. С., Сахарова В. А.</i> Влияние зернового состава песка на его водопотребность	33
<i>Сидорова А. В., Куткина Л. В.</i> Бетон с использованием топливного шлака	35
<i>Васильев Н. М.</i> Влияние нефтепродуктов на прочность бетона	36
<b>Заводское производство</b>	
<i>Грушко И. М., Бирюков В. А., Селиванов И. И., Киселев И. Ф.</i> Влияние обработки цементных суспензий на ускоренное твердение бетонов	38
<i>Анциферов Г. В., Поляков Н. Н.</i> Опыт производства несущих керамзитобетонных конструкций	40
<i>Барский Р. Г., Силаев А. Б., Скрипка О. В.</i> Последовательно-параллельный способ дозирования	41
<b>Строительное производство</b>	
<i>Ткачук В. Ф.</i> Устройство для выбора режимов виброуплотнения бетонной смеси в объемно-переставной опалубке	42
<b>В помощь проектировщику</b>	
<i>Зырянов В. С.</i> Ограничение предельных прогибов плит, опертых по контуру	43
<b>Долговечность</b>	
<i>Имбрицкий В. М.</i> Стойкость обмуровки котлов при высокотемпературном воздействии	44

3

[312]

март 1981



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛИТЕРАТУРЫ  
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

Москва

© Стройиздат, 1981

## 26 ударных недель

На Краснопресненском заводе железобетонных конструкций ДСК-1 Главмосстроя лучшей среди бригад формовщиков считается бригада, возглавляемая коммунистом Александром Григорьевичем Твердым. Ей поручают самые ответственные задания, и не было случая, чтобы она не оправдала оказанного ей доверия. А еще несколько лет назад этот коллектив добивался лишь посредственных результатов в труде и не отличался особой дисциплинированностью. Часто менялись бригадиры...

В 1975 г., когда вновь встал вопрос о назначении бригадира, начальник цеха В. М. Тимофеев остановился на кандидатуре машиниста бетоноукладчика А. Г. Твердого, недавно возвратившегося со службы в Советской Армии. Выбор оказался удачным. Приняв бригаду, Александр Григорьевич занялся прежде всего укреплением дисциплины. Начал с того, что поднял роль рабочих собраний, на которых стали разбирать каждый случай брака и нарушения трудовой дисциплины. Собрания всегда заранее готовились. Бригадир предвзительно беседовал с кадровыми рабочими, просил их выступить. И, надо отдать должное, результаты получились хорошие: одно дело, когда за недостатки пожурит начальство, другое — когда твои же товарищи. Моральный климат в бригаде стал улучшаться.

А. Г. Твердый оживил работу совета бригады, стал опираться на него во всех делах. Совет, состоящий из пяти передовых рабочих, заседает раз в месяц, а если требуется, то и чаще. Например, когда бригада получает премию за победу в социалистическом соревновании, совет распределяет ее между членами бригады в соответствии с долей трудового участия каждого.

Через несколько месяцев бригада во главе с Твердым заняла призовое место в социалистическом соревновании бригад формовщиков завода. В 1976 г., когда потребовались три лучшие бригады для освоения выпуска панелей наружных стен 16-этажных домов серий П42 и П43, в число отобранных вышла и бригада Твердого.

Рабочие бригады с помощью технологов цеха и заводоуправления прошли обучение по своим профессиям. Немало было сделано для овладения смежными специальностями. Бригадир и кадровые рабочие А. Н. Стребков, В. К. Чекан и М. С. Гвоздкова обучали товарищей по бригаде непосредственно на рабочих местах и добились взаимозаменяемости не только в каждом звене, но и во всей бригаде. Это очень важно для бригады потому, что большую часть года она работает сокращенным составом, а кроме того, дает возможность подавляющему большинству рабочих пользоваться отпусками в теплое время года. Бывали месяцы, когда с заданием, рассчитанным на 20 человек, бригада справлялась, имея в своем составе 16 рабочих.

Уже более двух лет в бригаде Твердого нет нарушений трудовой дисциплины и случаев выпуска брака. Бригадир, как и подобает коммунисту, воздействует на коллектив самым убедительным способом — личным примером. Он владеет всеми смежными профессиями, все делает квалифицированно, с душой и не оставляет без внимания ни малейшей небрежности, допущенной другими. В этом — одна из главных причин того, что бригада всегда тщательно чистит и смазывает формы, по-хозяйски ухаживает за машинами и механизмами конвейерной линии, славится добросовестностью выполнения всех технологических операций. Все это очень помогло бригаде в период подготовки изделий к аттестации на государственный Знак качества. И в том, что 58 выпускаемых заводом типоразмеров панелей наружных стен дома серии П43/16 с 1979 г. маркируются почетным пятиугольником, — немалая заслуга рабочих бригады, руководимой Твердым.

По итогам социалистического соревнования за 1979 г. ей присвоено звание лучшей среди бригад формовщиков заводов железобетонных конструкций ДСК-1, а Твердый ежегодно с мосстроя. Достиженные результаты бригада закрепила в занесен в Книгу-летопис трудовой вахты X пятилетки Главмосстроя. Достиженные результаты бригада закрепила в завершающем году десятой пятилетки. Она была удостоена звания образцовой, выполнила пятилетний план ко Дню Кон-

ституции СССР, задание 1980 г. — к 63-й годовщине Великого Октября. Бригада первой на заводе поддержала почин «XXVI съезду партии — 26 ударных недель».

В 1981 г. ДСК-1 полностью перешел на строительство домов из изделий Единого каталога. Для увеличения объема производства панелей наружных стен для домов серии П44/16 на Краснопресненском заводе введен в строй новый формовочный цех (№ 3) с двумя конвейерными линиями. Чтобы ускорить освоение выпуска изделий, в новый цех перевели бригаду Твердого, увеличив ее состав на 3 человека.

И в новом цехе бригада работает уверенно, ритмично, каждое звено четко знает свои обязанности. На посту расформовки трудятся В. П. Чащин и В. М. Поляков. Как только на пост подается форма-вагонетка с панелью, прошедшей термообработку, они с помощью двух установленных на посту пневмозахватов раскрывают спаренные борта оснастки и строят изделие универсальной траверсой с гидрокантователем. Во время подъема мостовым краном панель с помощью гидрокантователя в воздухе переводится из горизонтального положения в вертикальное и подается на пост отмывки. Здесь звено в составе В. Н. Иванова, Н. В. Фоминой и Н. И. Жовнир очищает швы от излишков бетона, специальным раствором отмывает лицевую поверхность панели и затем отправляет ее на отделочный конвейер.

Пост машинной очистки форм и укладки керамической плитки обслуживают А. А. Авлеева, М. С. Глазкова, Т. И. Курасова и Л. К. Павлова. М. С. Глазкова обучила Авлееву и Павлову укладывать плитку, работать на машине по очистке форм, и сейчас у них — 4-й разряд, как и у их наставницы. Очищают борта и матрицы с помощью машины, а места, не доступные ее рабочему органу, — вручную. Смазывают форму специальной эмульсией, а узел фиксации подъемных петель — солидолом. Затем работницы укладывают крупноразмерную керамическую глазурованную плитку белого и синего цветов. Хотя операция выполняется очень быстро, размеры швов между плитками совершенно одинаковы. Это достигается благодаря применению специальной матрицы, укладываемой в форму. Внедрение этого предложения заводских рационализаторов значительно повысило производительность труда на укладке плитки.

На следующем посту В. А. Старцев и В. Н. Рябов устанавливают в форму объемные арматурные каркасы, доставляемые по цепному конвейеру из арматурного цеха, и закладные детали. Для создания зазора между каркасами и плиткой применяются пластмассовые фиксаторы. Затем на посту формовки машинист бетоноукладчика Н. И. Устинов производит бетонирование наружного слоя панели. Р. И. Соколы и А. И. Головина поверх бетона укладывают утеплитель. Раскромленный по типоразмерам, он подается к конвейерной линии транспортным конвейером. После этого В. Г. Чекан и В. Н. Курьшин укладывают арматурные сетки внутреннего слоя панели, а Н. И. Устинов производит заливку ребер по периметру изделия пластичным бетоном.

По окончании этой операции А. Е. Шустов, А. А. Волков и А. В. Максаидя бетонировать внутренний слой панели жесткой бетонной смесью марки М200 и уплотняют ее с помощью виброрейки, после чего Е. А. Мытырева, Л. Л. Такмакова и Т. М. Широкова готовят изделие к заглаживанию и затирке. Операции по окончательной отделке внутренней поверхности панели на затирочной машине, снабженной так называемыми «лыжами» и вращающимся диском, мастерски выполняют А. Е. Шустов и А. А. Волков. В местах, не доступных для затирки диском, доводку поверхности изделия работницы выполняют вручную. После этого форма-вагонетка с отформованным изделием при помощи передаточных тележек направляется в шелевую тоннельную камеру для термообработки, а из нее поступает на пост расформовки. Цикл повторяется, и все делается четко и слаженно.

Все 26 предсъездовских недель бригады А. Г. Твердого действительно были ударными. Ко дню открытия XXVI съезда КПСС коллектив выполнил задание двух месяцев нынешнего года и слачу выполненных технологических операций с первого предъявления довел до 83%.

## Повысить производительность труда и качество арматурных работ

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», принятых XXVI съездом КПСС, указано, что во всех отраслях народного хозяйства необходимо последовательно проводить линию на более быстрое техническое перевооружение производства, создание и выпуск машин и оборудования, позволяющих улучшать условия труда и повышать его производительность, экономить материальные ресурсы.

Арматурные работы в строительстве и в промышленности сборного железобетона являются одними из наиболее трудоемких и наименее привлекательных. В то же время, по данным НИЛ ФХММ и ТП, на предприятиях по производству сборного железобетона Главмоспромстройматериалов в 1978 г. было занято непосредственно арматурными работами около 3,5 тыс. рабочих, или примерно 7,2 чел. на 10 тыс. м<sup>3</sup> продукции. Производительность труда на предприятиях этого главка является одной из наиболее высоких в стране и составляет около 4 чел.-дн. на 1 т арматуры, а заводы относительно хорошо оснащены современным технологическим оборудованием. На аналогичных предприятиях других строительных министерств и ведомств численность арматурщиков, занятых на производстве того же объема сборных железобетонных конструкций, несколько больше, а трудоемкость арматурных работ, как правило, составляет около 5—6 чел.-дн на 1 т арматуры.

Трудоемкость изготовления и монтажа арматуры зависит главным образом от конструкции арматурного каркаса, технологии арматурных работ, степени механизации и автоматизации производственных процессов. При изготовлении арматурных каркасов ненапрягаемой арматуры заготовительные, сборочные и вспомогательные транспортные операции составляют от 40 до 70% общих затрат труда, а при заготовке и натяжении напрягаемой стержневой арматуры — до 80% общих затрат труда и, как правило, выполняются с низкой степенью механизации и автоматизации.

Серийно выпускаемое оборудование для арматурных работ в основном предназначено для выполнения отдельных технологических операций, а не всего комплекса работ по изготовлению и укладке армокаркасов. В результате высокая производительность станков и оборудования при выполнении отдельных, пусть даже основных операций в значительной степени нивелируется низкой скоростью выполнения других операций.

Поэтому для интенсификации производства арматурных работ необходимо создавать комплексные автоматизированные линии по изготовлению, а в будущем, возможно, и укладке арматурных каркасов основных видов сборных железобетонных элементов. Вместе с тем решение этой задачи тесно связано с правильным, с точки зрения технологичности, проектированием арматуры железобетонных элементов, а также с необходимостью сокращения типоразмеров и унификации арматурных элементов.

В настоящее время ЦНИИПромзданий, ЦНИИЭП жилища, Гипростроммашем и НИИЖБ в этом направлении проведена большая и полезная работа, приведшая к значительному сокращению типоразмеров плоских сеток. Однако этого явно недостаточно. Необходимо уточнить подход к унификации и критериям оценки эффективности проектирования сборных железобетонных элементов. По-видимому, главными

критериями их эффективности должны быть трудоемкость изготовления и расход арматурной стали. При этом под трудоемкостью изготовления следует понимать общий расход труда, вплоть до возведения готового здания из этих элементов.

Необходимо считаться с тем, что социальная привлекательность, а следовательно и возможность обеспечения рабочей силой арматурного производства с переводом его на комплексную механизацию и автоматизацию существенно возрастут. Это позволит не только уменьшить число работающих, но и обеспечить выполнение решений XXVI съезда партии в части создания наиболее благоприятных условий для высокопроизводительного труда, усиления его творческого характера, всемерного сокращения ручного, малоквалифицированного и тяжелого физического труда. Примером такой организации арматурных работ является внедренная на Ивано-Франковском заводе ЖБИиК и внедряемая на Рязанском заводе ЖБК № 2 треста Рязаньжелезобетон автоматизированная линия ДМ-2 заготовки и напряжения высокопрочной стержневой арматуры пустотных настилов.

Наряду с армированием основных, наиболее массовых видов сборных железобетонных изделий, таких как пустотные и ребристые плиты покрытий и перекрытий, балки, сваи, стойки, опоры ЛЭП и т. п., значительный объем арматуры расходуется на относительно мелкосерийные сборные изделия и конструкции в монолитном железобетоне.

В связи с планируемым увеличением объема монолитного железобетона потребность в товарной арматуре будет возрастать, и поэтому строительство централизованных арматурных заводов наряду с увеличением поставок товарных арматурных сеток с метизных заводов является чрезвычайно важным делом.

При производстве арматурных работ на строительных площадках, чего практически невозможно избежать при использовании монолитного железобетона, большую пользу могут принести малая механизация и различные приспособления для повышения производительности труда, широко применяемые в зарубежной практике.

При создании и внедрении автоматических линий, высокопроизводительных станков для производства арматурных изделий, при выборе методов и технологии выполнения арматурных работ и, в частности, стыкования арматуры надо учитывать, что в течение ближайших 10—15 лет одним из основных источников экономии металла, используемого в железобетонных конструкциях, будет расширение применения более высокопрочных видов арматурной стали. В частности, стержневой свариваемой классов Ат-IIIС, Ат-IVС и Ат-V и несвариваемой термомеханически упрочненной классов Ат-V, Ат-VI и Ат-VII, холоднотянутой проволоки высокой и повышенной прочности (переработка которой значительно сложнее, чем менее прочной стали классов А-I, А-II, А-III и А-IV) и арматурных канатов. Поскольку требования к качеству арматуры при этом возрастают, новое оборудование для производства арматурных работ должно быть рассчитано на переработку более прочных видов арматурной стали.

Ниже публикуется ряд статей, в которых показано состояние арматурного производства и намечены пути его совершенствования в свете задач одиннадцатой пятилетки.

## Индустриализация арматурных работ при строительстве из монолитного железобетона

До последнего времени значительные объемы армирования монолитных конструкций выполняют непосредственно на строительной площадке из отдельных стержней (россыпью) и большого числа разнотипных арматурных изделий в виде сеток, каркасов объемных элементов, изготавливаемых непосредственно на строительной площадке и частично в арматурных мастерских с применением ручной малопроизводительной дуговой сварки и вязки. Это обусловлено тем, что разрабатываемые армоконструкции носят индивидуальный характер и не часто повторяются, а электромашиностроительная промышленность не выпускает оборудования для контактной сварки тяжелых арматурных сеток и каркасов из стали диаметром до 25—32 мм, широко применяющейся в таких конструкциях. В этих условиях объем ручного труда при выполнении арматурных работ достигает 60—65%, а трудоемкость 10—12 чел.-дней на 1 т смонтированной арматуры.

Исследованиями ЦНИИОМТП была установлена технико-экономическая целесообразность применения товарной арматуры, изготовленной в специализированных цехах или на заводах, оснащенных высокопроизводительным оборудованием, и поставки ее на строительные объекты в короткие сроки со

складов готовой продукции предприятий.

Для реализации этих рекомендаций ЦНИИОМТП совместно с ЦНИИПромзданий, Гипрометом и ВНИИЭСО в 1973—1975 гг. был выполнен комплекс взаимосвязанных работ по совершенствованию и индустриализации арматурных работ монолитного железобетона, включающий установление оптимальных опалубочных размеров монолитных конструкций подземных сооружений на базе модуля 300 мм; принятие унифицированного единого сортамента крупноразмерных сварных арматурных сеток, из которых можно получать гнутые сетки и создавать пространственные арматурные каркасы, обеспечивающие армирование около 90—95% строящихся в монолите сооружений; обоснование принципов рационального армирования унифицированными сварными сетками и пространственными каркасами; разработку и организацию серийного выпуска высокопроизводительной многоэлектродной сварочной машины для контактной точечной сварки тяжелых арматурных унифицированных сеток и гидравлического станка для гибки тяжелых арматурных сеток шириной до 3000 мм, а также механизированной стапельной установки для точечной контактной сварки из унифицированных сеток

объемных каркасов с помощью подвесных машин.

ЦНИИПромзданий при участии ЦНИИОМТП впервые в отечественной и зарубежной практике разработаны и теоретически обоснованы типы и параметры унифицированного сортамента сеток серии 1.410-2 из стержней диаметром от 12 до 25 мм, шириной до 3000 мм (рис. 1). Сортамент включает сетки шириной 800, 1000, 1400, 1600, 2000 и 3000 мм с шагом продольных стержней 200 мм, поперечных 600 мм. Длина сеток может быть в пределах 1450—7150 мм. Для продольной арматуры используют сталь классов А-II и А-III, поперечной — сталь класса А-I.

С целью механизации и автоматизации изготовления товарных тяжелых унифицированных арматурных сеток серии 1.410-2 ВНИИЭСО и его Псковским филиалом при участии ЦНИИОМТП разработана высокопроизводительная многоточечная контактно-сварочная машина МТМ-32У4 для сварки унифицированных сеток сортамента (рис. 2). Серийный выпуск машины освоен с 1974 г. Псковским заводом тяжелого электросварочного оборудования. По техническим данным машина находится на уровне мировых стандартов, имеет элементы новизны, ей присвоен государственный Знак качества. На ней можно сваривать арма-

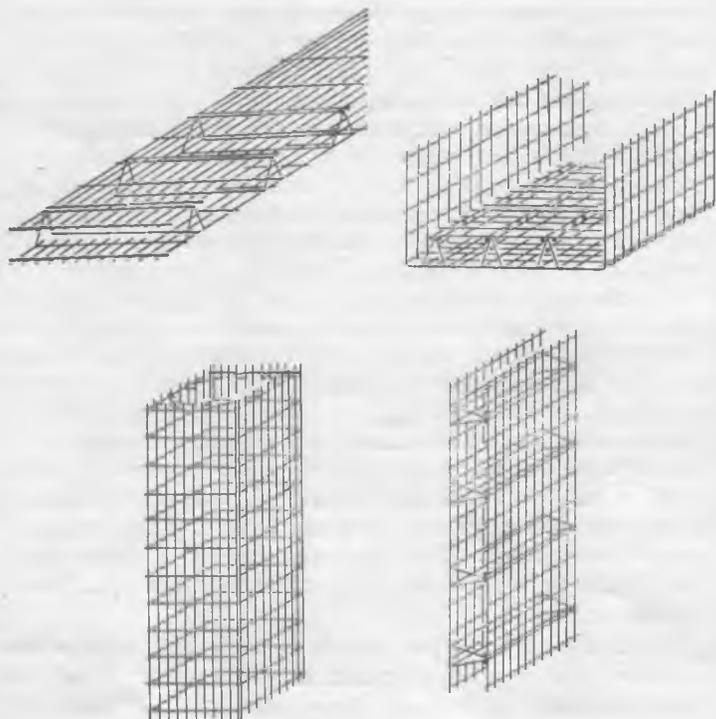


Рис. 1. Комплексные элементы

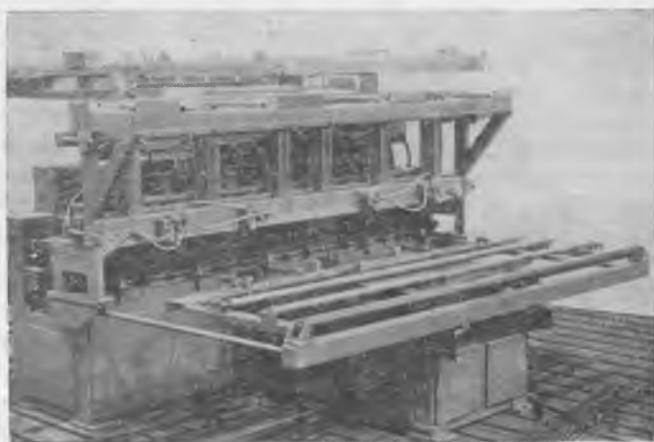


Рис. 2. Сварочная машина МТМ-32У4 для сварки унифицированных сеток

туру диаметрами до 32—14 мм при ширине сеток до 3 м включительно. Годовая производительность машины составляет около 10 тыс. т при односменной работе. Пересечения продольных и поперечных стержней соединяют 16 сварочными головками, установленными с постоянным шагом 200 мм, которые питаются от 5 сварочных трансформаторов. Для уменьшения единовременной мощности машины сварочные головки включаются по команде коммутирующего устройства по группам. Машина обеспечивает сварку 96 пересечений в минуту, что почти в 50 раз превышает производительность при ручной дуговой сварке сеток.

В 1976 г. Псковским заводом тяжелого электросварочного оборудования разработан и освоен выпуск комплексно-механизированных линий КТМ-3201У4 с использованием машины МТМ-32У4 (см. рисунок на обложке), работающих в автоматическом режиме со скоростью сварки 2,5 пог. м/мин. Помимо сварочной машины линии включают также загрузочное, разгрузочное и штабелирующее устройства и предназначены для централизованного изготовления арматурных сеток унифицированного сортамента на арматурных заводах мощностью 20, 40 и 60 тыс. т в год в крупных территориально-производственных комплексах страны.

Для повышения уровня механизации работ по изготовлению гнутых сеток и сборки из унифицированных сеток объемных каркасов ЦНИИОМТП разработан гидравлический гибочный станок (пресс ПО-725), который с 1978 г. серийно выпускает Пинский завод кузнечно-прессовых автоматических линий Минстанкопрома СССР, а также механизированная стапельная установка, работающая с использованием серийных подвесных точечных машин с клещами. Стапельная установка имеет две сварные стойки, одна из которых приводная, корпус, состоящий из двух планшайб и четырех рам для навешивания свариваемых сеток, а также основание в виде металлоконструкции. Механизм привода обеспечивает поворот корпуса стапеля и остановку в положениях, удобных для сварки каркасов клещами подвесных точечных машин МТПП-75, МТПГ-150, К-243В и др. На установке можно собирать и сваривать объемные прямоугольные каркасы сечением до 2,5×2,5 м и длиной до 6,4 м.

Применение серийно выпускаемого оборудования позволяет централизованно изготавливать до 80% арматурных изделий унифицированного сортамента в заводских условиях и поставлять их на строительные объекты в короткие сроки. Для производства арматуры организуются технологические участки, укомплектованные необходимым оборудованием.

Изготовление армоизделий на крупных высокомеханизированных предприятиях и поставка их на строительные объекты значительно уменьшает трудоемкость работ по монтажу.

В ЦНИИОМТП совместно с ИЭС им. Патона АН УССР разработаны принципиально новая технология и оборудование для контактной сварки арматурных стержней в монтажных ус-

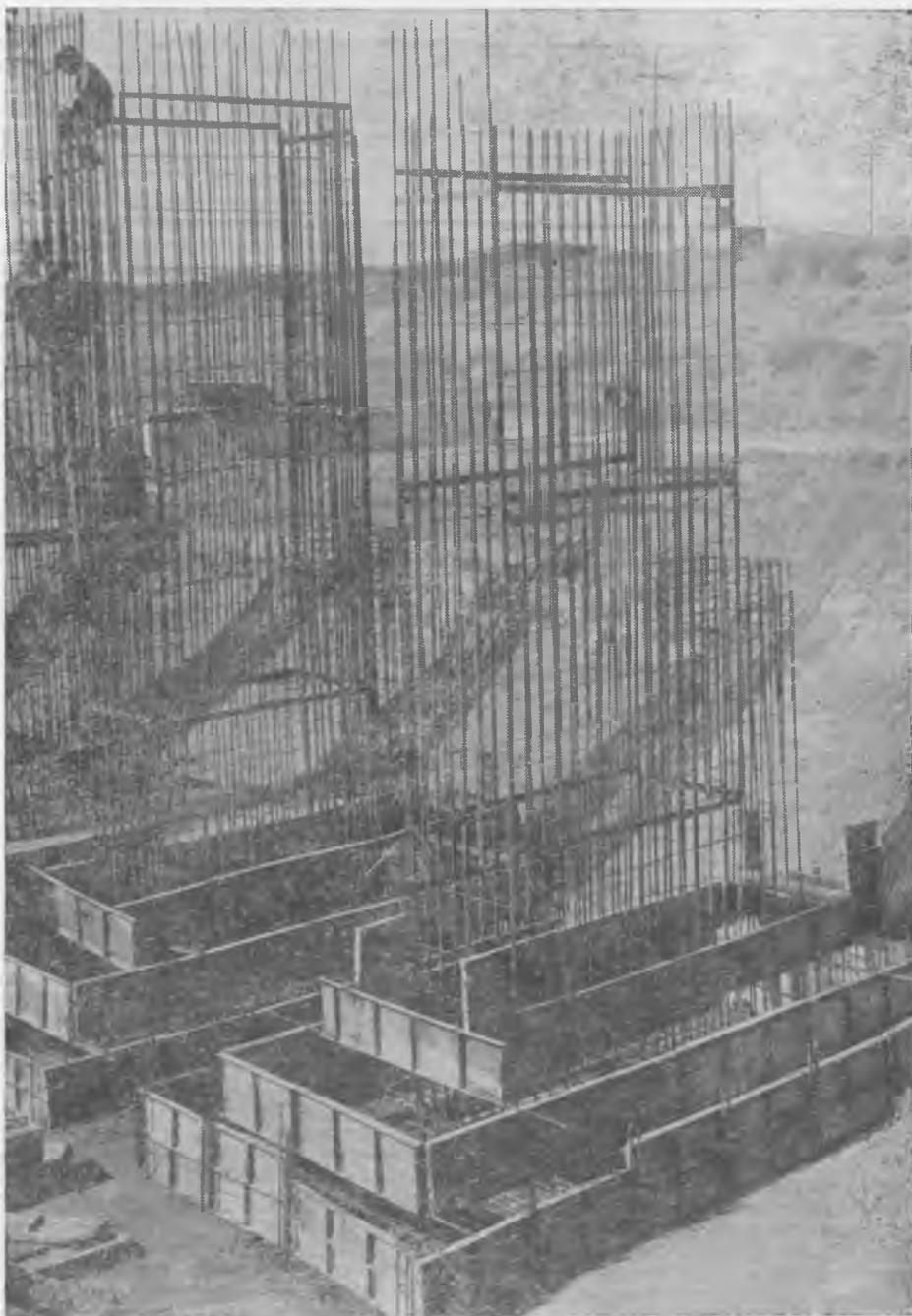


Рис. 3. Армирование подколонников пространственными армоблоками

ловых внахлестку на 1—1,5 диаметра. Внедрение этой технологии позволит повысить производительность труда в 2—3 раза, сократить на 5—10% расход арматурной стали за счет исключения ее на подкладки, накладки и электродные материалы, повысить качество соединений, улучшить санитарно-гигиенические условия работы сварщиков.

Сварка выполняется мобильной контактной машиной, представляющей собой самоходное шасси шагающего типа, на котором смонтирован сварочный трансформатор мощностью 150 кВ·А, гидравлический привод, автономная система охлаждения. Рабочим органом являются сварочные клещи, выполненные в двух вариантах: со встроенным (К-726) и выносным трансформатором.

Они подвешены к стреле, поворачиваемой в обе стороны на 90°. С одной позиции машина может сваривать стыки в радиусе поворота стрелы — 4—5 м. В процессе работы машина может перемещаться самоходом по ранее уложенной арматуре или при помощи крана. На машине можно сваривать горизонтальные и вертикальные стыки.

Наиболее целесообразно и эффективно применять новую технологию стыкования при монтаже большеразмерных арматурных конструкций: фундаментных плит под тяжелое технологическое оборудование, жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений, подпорных стенок, подвалов, а также аэродромных покрытий и др.

Разработанные ЦНИИОМТП индустриальные методы производства арматурных работ широко внедряются в практику строительства многими проектными институтами и строительными организациями на объектах Ново-Липецкого, Череповецкого, Карагандинского, Электростальского, Орско-Халиловского металлургических заводов, Старо-Оскольского электрометаллургического завода, Усть-Илимского целлюлозно-бумажного, Тобольского нефтехимического комбинатов, на строительстве АЭС и других крупных объектах Советского Союза.

По данным Главлипецстроя, на строительстве объектов которого впервые были применены арматурные изделия унифицированного сортамента I.410-2 и сварочные машины МТМ-32У4, эти мероприятия обеспечили значительную эффективность. По сравнению с ранее применявшимся традиционным методом армирования непосредственно на строительной площадке трудоем-

кость изготовления 1 т арматуры снизилась на 4,4 чел.-дня, а стоимость на 21,4 р. При новом методе армирования расход стали снижен до 80 кг на 1 т армоконструкций. Это позволило высвободить ежегодно до 150 арматурщиков и до 80% работ выполнять в заводских условиях.

На строительстве цеха жести Карагандинского металлургического комбината наличие большого числа подвальных помещений обусловило глубокое (до 20 м) заложение фундаментов под колонны каркаса цеха. Армирование подколонинок пространственными армоблоками, собранными из унифицированных сеток (рис. 3), позволило сократить расход стали на 14,3%, трудоемкость на 17,3%, сметную стоимость строительства на 17,2%.

#### Выводы

Применение индустриальных методов производства арматурных работ на крупных стройках металлургических и

других объектов позволило снизить трудоемкость на 4,4 чел.-дня/т, стоимость на 21,4 р/т, а также расход арматурной стали и электродов. При этом повышается качество работ и ускоряются сроки строительства.

К концу одиннадцатой пятилетки на различных объектах строительных министерств будет работать большое число технологических линий, созданных на базе машины МТМ-32У4 и другого высокопроизводительного оборудования. Это позволит довести выпуск унифицированных сварных арматурных сеток для строительства из монолитного железобетона до 2—2,5 млн. т в год, коренным образом улучшит организационно-технический уровень производства арматурных работ и даст значительный экономический эффект.

В районах сосредоточенного строительства и на крупных стройках необходимо предусмотреть организацию арматурно-сварочных заводов мощностью 20, 40 и 60 тыс. т изделий в год.

УДК 693.554.002.5

М. Д. РОЖНЕНКО, канд. техн. наук (НИИЖБ)

## Совершенствование оборудования для изготовления арматурных сеток

Для правки и мерной резки поставляемой в мотках арматурной стали диаметром до 12 мм выпускаются станки СМЖ-357, И-6118 и И-6022. Станок СМЖ-357 выпускается вместо станков С-338А и СМЖ-142А и благодаря замене вращающихся ножей гильотинным обеспечивает более точную заготовку прутков. Станок имеет четыре скорости подачи арматуры, однако стабильно он работает только на первых двух при правке арматуры диаметром от 4 до 6 мм и недостаточно надежно на третьей и четвертой скоростях подачи и при правке арматуры диаметром 8—10 мм. Недостатком этого станка является также недолговечность сухарей правильного барабана.

Станки И-6118 и И-6022 надежны и удобны в эксплуатации, однако выпускаются малыми партиями и по производительности уступают станкам зарубежных фирм. Сухари станков изготовляют из недостаточно твердой стали, поэтому они быстро срабатываются, особенно при правке арматурных стержней периодического профиля. На некоторых предприятиях на правильно-отрезных станках применяют более долговечные победитовые фильеры, что позволяет сократить простои станков и повысить их производительность на 20—30%.

В ближайшие годы намечается модернизация этих станков. Вместо станка СМЖ-357 будет освоен и выпущен новый, более стабильный в работе станок 1461 в двух исполнениях: для правки арматуры диаметрами от 4 до 8 мм и от 6 до 12 мм. Экспериментальные образцы станков показали хоро-

шие эксплуатационные качества. Станок И-6118 будет заменен новой моделью с повышенными техническими характеристиками и эксплуатационными показателями.

Существенным резервом повышения производительности правильно-отрезных станков является поставка проволоки в больших бухтах с упорядоченными размерами массой около 1 т. Это позволит упростить и унифицировать бухтодержатели на заводах ЖБИ, сократив сотни тонн проката на их изготовление. Однако выпуск проволоки в бухтах одинаковой массы связан с некоторой модернизацией оборудования на метизных заводах, поэтому пока не внедряется. В ГОСТ 6727—80 по-прежнему допускается поставка проволоки классов Вр-I и В-I в бухтах массой от 20 до 1500 кг без ограничения их размеров. Мерная заготовка стержней, поставляемых в пакетах, осуществляется ножницами С-370А, СМЖ-322, СМ-3002 и С-445М.

Наиболее эффективен механический станок непрерывного действия СМЖ-322, выпускаемый Черкасским заводом «Строммашина». Станок предназначен для резки арматурной стали диаметром до 40 мм всех марок и классов. Одна из моделей станка выпускается с прижимом стержней, что обеспечивает перпендикулярность резки и не загибает концы стержней. Однако станок СМЖ-322 выпускается небольшими сериями и на действующие заводы ЖБИ почти не поставляется. Механический станок С-370А также имеет высокую производительность и выпускается более крупными сериями, но он разработан для

резки арматурной стали класса А-I, а в настоящее время в основном применяют арматуру класса А-III, для резки которой прочность корпуса, кулисы и ножей этого станка недостаточна.

Гидравлические станки СМ-3002 и С-445М удобны в технологических линиях, но имеют низкую производительность и нецелесообразны для заготовки большого числа коротких и длинных стержней.

При изготовлении сеток из стержневой арматуры остается много отрезков стержней короче размеров сетки, количество которых нередко достигает 20—30% массы сеток. На заводах ЖБИ их стыкуют и применяют для изготовления арматурных каркасов на другие изделия только на односточечных машинах с ручной подачей стержней. На высокопроизводительных многоточечных сварочных машинах использовать стержни нельзя из-за наличия на нем утолщения, которое мешает прохождению стержня через отверстие направляющего устройства и задевает за электроды машины. Ликвидация утолщения наждачным кругом с ручной подачей и поворотом стержней трудоемка, а более совершенного механического способа пока не создано.

При изготовлении массовых сеток целесообразно заказывать и применять стержни мерной длины, не требующие стыковки и резки. В поставляемых с металлургических заводов арматурных пакетах концы стержней загибаются, и без дополнительной правки их нельзя применять в сварочных машинах. Помимо правки отогнутых концов необходимо дополнительно оплачивать стержни для выравнивания их торцов. Выполнение этих требований к концам и торцам арматурных стержней позволит повысить производительность сетчатых и контактных стыковых машин на 10—15%, поэтому их целесообразно записать в ГОСТ и учитывать при аттестации арматурной стали на категории и Знак качества.

Сетки и плоские арматурные каркасы сваривают на многоэлектродных сварочных машинах АТМС-14×75-7-1, МТМС-10×35, МТМК-3×100×4, МТМ-35, МТМ-32, МТМ-33, МТМ-09, МТ-603 и др. Несмотря на сравнительно большой парк выпускаемых нашей промышленностью сварочных машин, проблема автоматизации сварки сеток, особенно легких, окончательно не решена. Для сварки легких сеток шириной до 3800 мм применяют автоматизированную линию АТМС-14×75-7-1. Несмотря на недостаточную производительность (18 сварок поперечных стержней в 1 мин), линию эффективно используют в арматурных цехах при изготовлении узкой номенклатуры массовых сварных сеток без переналадки сварочной машины в течение длительного времени. Для изготовления большой номенклатуры сеток эти линии мало приспособлены.

Сварочная машина МТМС-10×35 требует модернизации из-за ручной подачи поперечных стержней и сложной переналадки. Машина МТМК-3×100×4 для изготовления сеток шириной до 725 мм с продольной арматурой, диаметром от 12 до 25 мм и поперечной — от 4 до 12 мм имеет конструктивные недостатки бункера подачи поперечных стержней. Машины МТМ-35 и МТМ-32 предназначены для сварки узкой номенклатуры тяжелых сеток шириной соответственно 1200 и 3000 мм с продольной арматурой до 40 и 32 мм. Машину МТМ-35 целесообразно использовать при изготовлении сеток для монолитного железобетона и плоских каркасов колонн и ригелей в комплекте с машинами для объемной сборки этих каркасов. Поставляемые с комплектом оборудования линии на базе машин МТМ-35 и МТМ-32 автоматизированы и высокопроизводительны. Однако принятый в машине МТМ-32 шаг продольных стержней, кратный 200 мм, сокращает номенклатуру свариваемых сеток. При наличии машин МТМ-32 сетки по ГОСТ 23279—78 с шагом 100 мм приходится сваривать вручную дуговой сваркой. Машины МТМ-33 и МТ-603 предназначены для сварки двухветвевых арматурных каркасов, а машина МТМ-09 — для сварки двухветвевых и четырехветвевых каркасов. Они имеют высокую производительность, однако выпускаются малыми партиями.

Поставляемые нашей промышленностью многоэлектродные сварочные машины не обеспечивают изготовления всей номенклатуры применяемых в сборном железобетоне арматурных сеток. Необходимо увеличить парк выпускаемых сварочных машин либо сократить номенклатуру в первую очередь легких арматурных сеток, число которых только на типовые железобетонные изделия превышает тысячу типоразмеров.

Проведенный ЦНИИПромзданий, ЦНИИЭП жилища и НИИЖБ анализ действующих проектов сборных железобетонных конструкций типа плит, панелей и настилов массового применения показал, что для промышленного и жилищного строительства номенклатура сеток более широка, чем предусматривает ГОСТ 8478—66, и охваты-

вает только по обследованным проектам 882 типоразмера. Были установлены некоторые закономерности распределения сеток по ширине, длине и размерам ячеек. По ширине сеток от 250 до 3630 мм имеется более 100 размеров, отличающихся от ближайших на 230—20 и даже 10 мм. Размеры свободных концов поперечных и продольных стержней колеблются от 10 до 200 мм и насчитывают 27 размеров, не считая вариантов с различными сочетаниями выпусков. Размеры поперечных и продольных выпусков равны от 10 до 200 мм с шагом 5—10 мм. При этом выпуски стержней размером 15 и 30 мм встречаются в сетках соответственно в 5 и 10 раз чаще других выпусков. Длина сеток колеблется от 600 до 12 000 мм. При этом сетки отличаются от ближайших размеров по длине на 5—540 мм, имея шаг продольных и поперечных стержней от 100 до 400 мм. Имеются также сетки с укороченными через один поперечными стержнями.

Автоматизировать производство всей номенклатуры сеток на автоматических линиях АТМС-14×75-7 и им подобных без сокращения числа типоразмеров и унификации их размеров невозможно. Сократить же число типоразмеров арматурных сеток не удастся. Многие недостатки в конструкции сеток можно устранить, проведя унификацию параметров ячеек и размеров выпусков сеток и модернизацию сварочных машин. При шаге продольных стержней, кратном 50 мм, переход на другой шаг нередко вызывает необходимость передвижки и переключения электродов на машине АТМС-14×75-7. Создание машины с электродами через 50 мм позволит производить переналадку машины без передвижки электродов, только их отключением или переключением. Концевые выпуски поперечных и продольных стержней для сеток с унифицированными параметрами можно привести к единому размеру, равному 25, что упростит переналадку машин и конструкцию концевых электродов. Целесообразно сократить концевые выпуски до 10 или 15 мм, но гильотинными ножницами нельзя разрезать сетки с шагом поперечных стержней менее 50 мм. Выпуски поперечных стержней на сетках, изготавливаемых без продольной резки, можно допускать равными 10 или 15 мм. Если шаг продольных и поперечных стержней принять кратным 50 мм и унифицировать выпуски этих стержней, то некратные размеры по ширине и длине сеток можно компенсировать в одном из крайних шагов (названным доборным) любой величины, но не менее 50 мм и не более размера основного шага.

В настоящее время Псковский завод тяжелого электросварочного оборудования при участии Гипростроммаша и НИИЖБ создал опытный образец многоэлектродной сварочной машины МТМ-88 для сварки сеток шириной до 3800 мм из арматуры диаметром от 3 до 8 мм с унифицированными параметрами и доборными шагами.

Проведена унификация параметров сварных тяжелых сеток из арматуры диаметром от 6 до 40 мм, основной шаг продольных стержней в которых принят кратным 100 мм. ЦНИИПром-

зданий при участии НИИЖБ и ЦНИИОМТП разработан ГОСТ 23279—78 на тяжелые сетки с унифицированными параметрами. Псковским заводом тяжелого электросварочного оборудования разработан проект сварочной машины МТМ-103 для сварки унифицированных сеток шириной до 3000 мм из стержней диаметром до 40 мм.

В ЦНИИПромзданий была предпринята попытка унификации двухветвевых и трехветвевых плоских каркасов, однако этот вопрос можно решить окончательно только после унификации сечений железобетонных элементов, защитного слоя бетона, расширения возможности электросварочных машин.

Ориентировочные расчеты показали, что комплексное решение унификации параметров сеток и автоматизации их производства с созданием нового высокопроизводительного оборудования позволит поднять производительность труда в арматурных цехах в 2—3 раза. Создаваемое оборудование наиболее эффективно можно использовать на метизных и централизованных арматурных заводах, изготавливающих товарные арматурные сетки для сборного и монолитного железобетона.

Успешному созданию нового высокопроизводительного и эффективного оборудования мешают ведомственные ОСТы и методики, в соответствии с которыми Минэлектротехпром, Минстройдормаш и Минстанкопром принимают новое и перереаттестовывают выпускаемое оборудование без представителей строительной индустрии и головных институтов по сборному железобетону. Так, были приняты к производству и перереаттестации на Ленинградском заводе «Электрик» низкоэффективные сварочные машины МТМС-10×35, МТМК-3×100-4, непригодные к эксплуатации сварочные клещи КТП-8-4-2, а на московском заводе «Строммашина» с завышенными в 2 раза техническими характеристиками и низкими эксплуатационными показателями установки СМЖ-357.

#### Выводы

В арматурных цехах заводов ЖБИ ощущается дефицит современного высокопроизводительного оборудования для правки и резки мерных стержней, сварки сеток и плоских каркасов. В то же время предприятия Минэлектротехпрома и Минстройдормаша выпускают образцы морально устаревшего оборудования, непригодного к эксплуатации. Перереаттестация оборудования на категории качества осуществляется по ведомственным ОСТам и не отвечает требованиям потребителей, т. е. предприятий стройиндустрии.

Для повышения производительности труда при производстве сеток и плоских каркасов вместо сварочных машин МТМС-10×35, МТМК-3×100-4, МТМ-32 и станков СМЖ-357, С-370А требуется ускорить создание и увеличить выпуск многоэлектродных сварочных машин МТМ-88, МТМ-103, МТМ-09, МТМ-33, ножниц СМЖ-322, правильноотрезных станков 1461.

Необходимо создать единую методику для приемки и аттестации оборудования, выпускаемого Минэлектротехпромом, Минстройдормашем и Минстанкопромом для предприятий сборного железобетона.

## Развитие автоматизированных линий и оборудования для производства арматурных сеток

Автоматизированные линии для выпуска арматурных сеток, являющихся одним из основных видов изделий, используются практически на всех заводах по производству железобетонных изделий, во многом определяя эффективность работы арматурных цехов.

В состав линий входят электросварочные машины, серийно изготавливаемые предприятиями Минэлектротехпрома (см. таблицу), Минстройдормашем, а также оборудование, производимое другими министерствами или заводами ЖБИ [1].

Для выпуска арматурных сеток шириной до 3800 мм по чертежам Гипростроммаша из серийного оборудования с использованием многоэлектродной сварочной машины АТМС-14×75-7-1 можно компоновать различные линии, основные из которых 7247СЕ, а также 28-80/1, разработанная взамен линии 7247СВ и отличающаяся от нее только типом правильного устройства.

В линии 7247СЕ подача продольной арматуры предусматривается в виде мерных стержней диаметром до 12 мм, которые раскладываются на трех несерийных подающих столах 2560-01/122, располагаемых перед электросварочной машиной, за которой устанавливается рычажный пакетирующий СМЖ-61А.

В линии 28-80/1 (рис. 1) подача продольной арматуры диаметром до 6 мм осуществляется с восьми из 12 трехъярусных бухтодержателей СМЖ-58 через правильное устройство СМЖ-288-2А. За электросварочной машиной помещаются пожницы с пневмоприводом СМЖ-60 для поперечной резки сеток и пакетирующий СМЖ-61А. Максимальный диаметр поперечной арматуры сеток в обеих линиях 10 мм.

В последние годы были предложены приспособления к электросварочной машине АТМС-14×75-7-1, позволяющие изготавливать сетки экономичного армирования, имеющие укороченные попереч-

ные стержни, поочередно смещенные к противоположным боковым сторонам сетки. Это позволяет сэкономить до 10% стали в панелях перекрытий, и до 40% в фундаментных плитах.

На Ленинградском ДСК № 2 эксплуатируется механизм, предназначенный для выпуска сеток экономичного армирования с гладкими поперечными стержнями. Дополнительно к серийному механизму боковой подачи мерных поперечных стержней сварочной машины АТМС-14×75-7-1, имеющему боковой щелевой бункер с пневматическим отсекателем нижнего стержня, устанавливаются приводной и прижимной ролики, свободная вращающаяся двухвенцовая звездочка и неподвижный упор. Подаваемые роликами поперечные стержни поочередно проходят либо до звездочки, либо до упора. Механизм 7798А, разработанный Гипростроммашем, работает по такому же принципу.

Совместно с ЦНИИЭП жилища и Жуковским ДСК предложен механизм 7798 для подачи укороченных поперечных мерных стержней периодического профиля, который функционирует на этом комбинате [2]. Он является дополнительным к серийному подающему механизму машины АТМС-14×75-7-1. Кроме основных подающих роликов он снабжен досылающими роликами, подвижными и неподвижными упорами.

Гатчинский ДСК и Гипростроммаш разработали механизм 7862/1 для подачи укороченных поперечных стержней периодического профиля в модернизированную машину АТМС-14×75-7-1 из неподвижного мотка арматуры [3]. Механизм имеет направляющие блоки, подающие ролики, барабан, отрезную систему и балку, расположенную за электродами, в которой смонтированы досылающие ролики.

Энерготехпромом совместно с Загорским заводом ЖБИиК внедрен механизм

фронтальной подачи укороченных поперечных стержней периодического профиля к машине АТМС-14×75-7-1. Он выполнен совместно с дополнительным фронтальным бункером, снабженным рассекателем для ориентации поперечных стержней, подаваемых из бункера в направляющую щель и далее к электродам сварочной машины. Механизм имеет поворотные от пневмоцилиндров рычаги для подачи стержней из пакета к рассекателю. Стержни, поступающие к электродам через один, смещаются к противоположной стороне сетки посредством упора специального поворотного от пневмоцилиндра в горизонтальной плоскости рычага в торец [4].

На этой основе механизмы фронтального типа были разработаны КТБ стройиндустрия (461) и Гипростроммашем (7897).

При внедрении их на машинах АТМС-14×75-7-1 следует учитывать, что по сравнению с боковыми подающими механизмами фронтальные занимают меньшую площадь по ширине машины и создают меньший шум в процессе работы, однако требуют большей переделки сварочной машины, сложны в изготовлении и наладке. Механизм подачи с мотков позволяет отказаться от правильно-отрезного станка, но также сравнительно сложен [5].

Механизм подачи укороченных поперечных стержней предусматривается и в новой многоэлектродной сварочной машине МТМ-88, осваиваемой взамен машины АТМС-14×75-7-1. МТМ-88, разработанная СПКТБ Псковского завода тяжелого электросварочного оборудования при участии Гипростроммаша и НИИЖБ, служит для сварки сеток шириной до 3800 мм из поперечной арматуры диаметром до 10 мм — гладкой и 8 мм — периодического профиля и продольной диаметром до 12 мм — гладкой и 10 мм — периодического профиля. Машина снабжена электромеханическим приводом, электроды расположены с шагом 50 мм. Эти и другие особенности позволяют значительно увеличить производительность и облегчить ее переналадку по сравнению с АТМС-14×75-7-1.

Машина МТМ-88 входит в состав опытной автоматизированной линии 7880/1, в которой подача продольной арматуры осуществляется с бухт и 7880/2, в которой она механизированно поступает в виде мерных стержней. После испытаний и освоения в серийном производстве эти линии заменят 28-80/1 7247СЕ. В линиях предусмотрена установка нового оборудования, позволяющего комплексно решать вопросы автоматизации изготовления арматурных сеток. Ленинградским заводом «Электрик», наряду с многоэлектродной сварочной машиной МТМС-10×35 в ограниченных количествах выпущена МТМ-74 с электродами, расположенными с шагом 50 мм, и предусматривающая подачу с мотков поперечной и продольной арматуры.

Взамен многоэлектродной сварочной машины МТМ-32, рассчитанной на сварку сеток с шагом между продольными стержнями 200 мм, Псковским СПКТБ при участии Гипростроммаша в НИИЖБ разработан опытный образец МТМ-103, во многом унифицированный с МТМ-88. Она позволит сваривать сетки шириной до 3050 мм с продольными стержнями

Параметры	МТМ-33	МТМК-3× ×100-4	МТМС-10× ×35	АТМС-14× ×75-7-1	МТМ-35	МТМ-32
Ширина свариваемой сетки, мм	90—400	105—775	до 2000	до 3800	140—1450	1050—3050
Число пар сварочных электродов	2	6	20	36	8	16
Диаметры стержней, мм	3—18*	5—25	3—8	3—12	12—40	12—32
	3—8	4—12	3—6	3—10	6—14	8—14
Расстояние между осями стержней, мм	60—380*	75—725	100—250	100—3700	100—1100	200
	100—400	100—400	100—300	100—300	110—60	100, 200, 300, 600
Мощность сварочных трансформаторов, кВ·А	100	250	450	496 (1412)	1000	800
	100	2800	3900	9050	500	600

\* Над чертой — продольные; под чертой — поперечные.

диаметром до 40 мм и шагом между ними 100 и 200 мм при возможности их некоторого смещения относительно центров электродов (диаметр поперечных стержней до 16 мм). МТМ-103 входит в состав разработанной Гипростроммашем опытной автоматизированной линии 7876, в которой предусматривается автоматизация подачи мерных арматурных стержней.

Гипростроммашем с использованием сварочной машины МТМ-35 создана также опытная автоматизированная линия 7850, в которой применены некоторые технические решения, ранее проверенные Куйбышевским филиалом института Индустройпроект по механизации подачи стержней. Опытный образец линии испытан и рекомендован к серийному производству.

Для изготовления сеток шириной до 2000 мм с использованием сварочной машины МТМС-10×35 на заводах ЖБИ часто приспособляется серийный комплект оборудования линии 28-80/1. Но имеются и специальные разработки соответствующих линий типа ОС-6 Чебоксарского филиала СКТВ Стройиндустрия, оборудование которой изготавливается Минстроем СССР, и Куйбышевского филиала Индустройпроект И-10 АМЗ.

Для выпуска арматурных сеток шириной до 800 мм по чертежам Гипростроммаша из серийного оборудования с использованием сварочной машины МТМК-3×100-4 можно компоновать два варианта линий. 7728А/3 предусматривает подачу продольной арматуры диаметром 5—10 мм с мотков (рис. 2). В ее состав входят шестирюсный бухтодержатель СМЖ-323А, правильное устройство СМЖ-324А, ножницы СМЖ-325А для

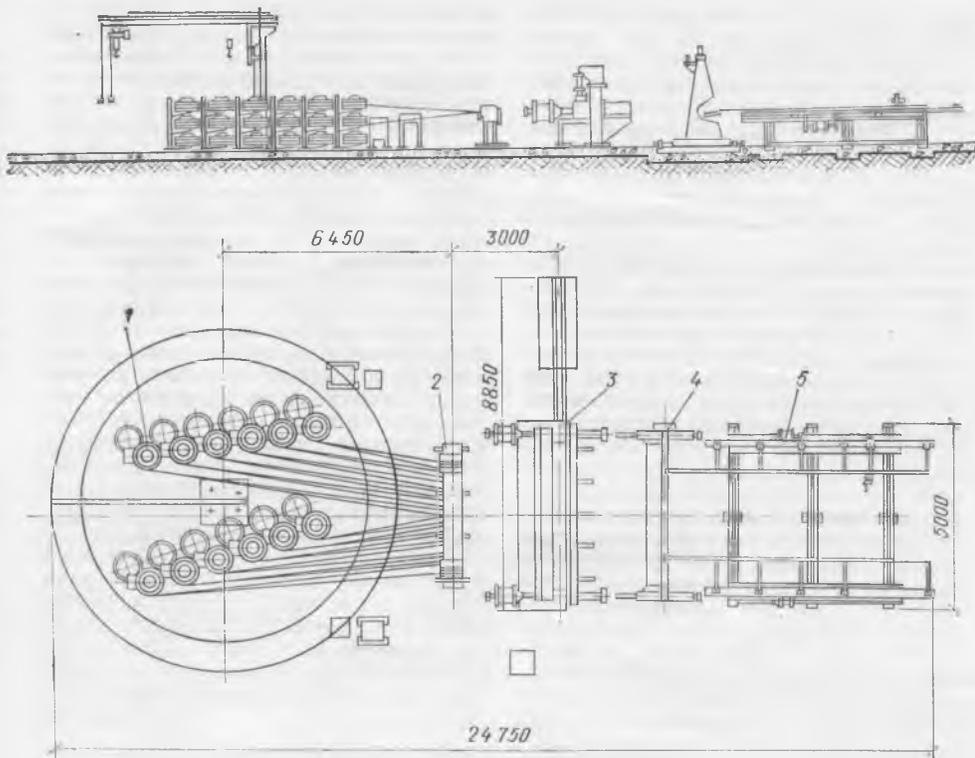


Рис. 1. Автоматизированная линия 28-80/1 для изготовления арматурных сеток шириной до 3800 мм

1 — бухтодержатели СМЖ-58; 2 — правильное устройство СМЖ-288-2А; 3 — многоэлектродная сварочная машина АТМС-14×75-7-1; 4 — ножницы СМЖ-60; 5 — пакетирующий СМЖ-61А

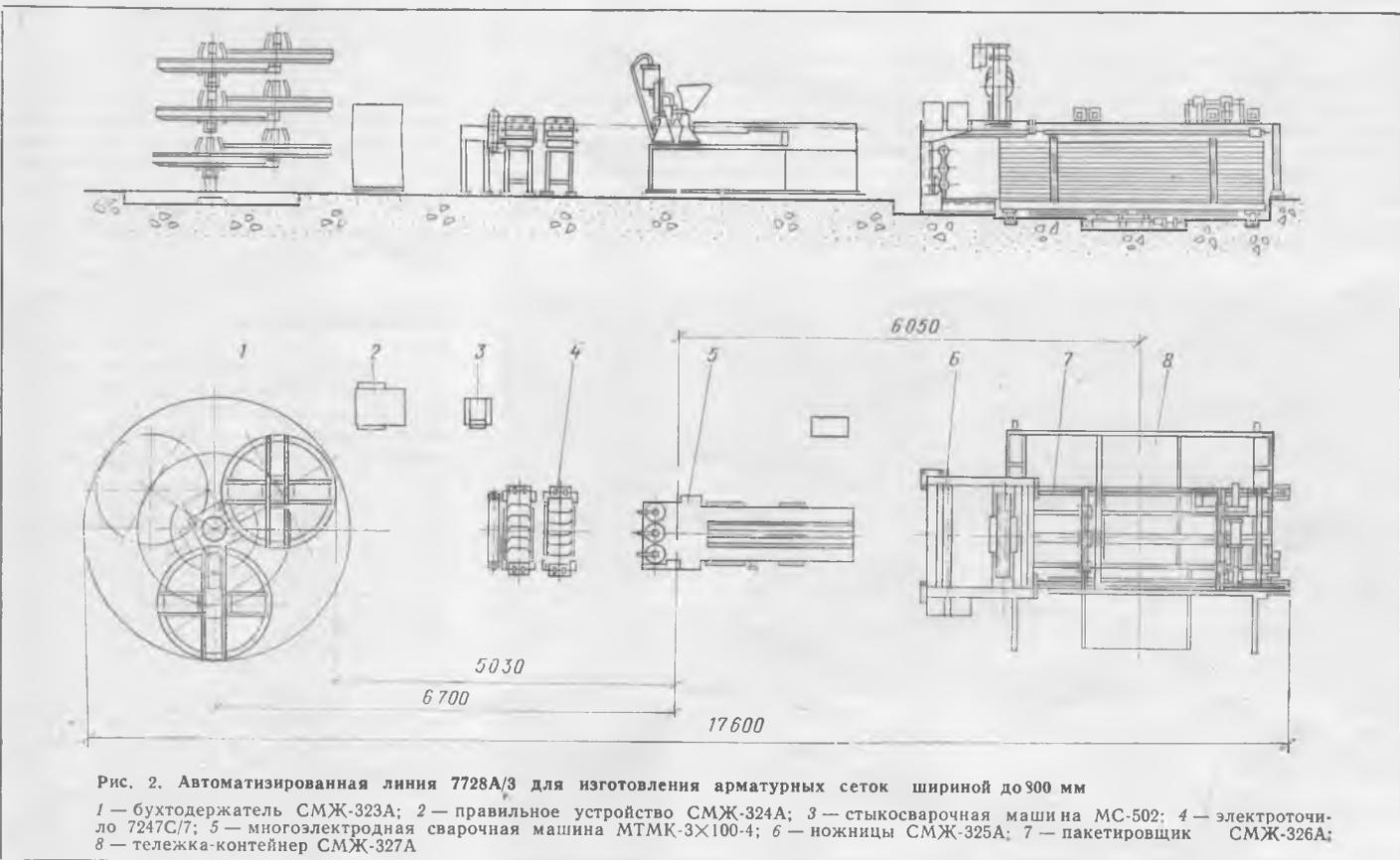


Рис. 2. Автоматизированная линия 7728А/3 для изготовления арматурных сеток шириной до 900 мм

1 — бухтодержатель СМЖ-323А; 2 — правильное устройство СМЖ-324А; 3 — стыковочная машина МС-502; 4 — электроточило 7247С/7; 5 — многоэлектродная сварочная машина МТМК-3×100-4; 6 — ножницы СМЖ-325А; 7 — пакетирующий СМЖ-326А; 8 — тележка-контейнер СМЖ-327А

поперечной разки сеток, пакетировщик СМЖ-326А, рассчитанный на прием одновременно одной или двух сеток по ширине, и тележка-контейнер СМЖ-327А, производящая выдачу пакета сеток от пакетировщика без остановки работы линии.

Линия 7728А/4, предусматривающая подачу продольной арматуры диаметром до 25 мм в виде мерных стержней, включает механизм досылки сеток со стола сварочной машины СМЖ-328А, пакетировщик СМЖ-326А, тележку-контейнер СМЖ-327А и несерийные столы 7728/1.01 для продольных стержней.

В арматурных цехах часто возникают трудности с размещением оборудования, поэтому нецелесообразно устанавливать линии, длина которых рассчитана на работу с сетками большей длины, чем это необходимо данному предприятию. Учитывая это обстоятельство, серийные пакетировщик СМЖ-326А и тележка-контейнер СМЖ-327А поставляются для работы с сетками длиной до 4 м, в соответствии с чем заданы и основные

размеры линий 7728А/3 и 7728А/4. При изготовлении сеток большей длины (до 12 м) по чертежам Гипростроммаша пакетировщик, тележка-контейнер и соответственно линии могут быть удлинены.

В линии 7728А/3 можно совместить подачу продольной арматуры с мотков и в виде мерных стержней. Однако следует учитывать, что линия должна быть удлинена отодвижкой бухтодержателей от сварочной машины на величину, несколько большую длины мерных стержней для возможности их размещения на подающих столах.

Комплект оборудования линии 7728А/3 с добавлением отклоняющего устройства СМЖ-330 для поперечной арматуры, подаваемой из мотка, может использоваться со сварочной машиной МТМ-09, в случае ее наличия на предприятии, для чего существует вариант линии 7728/2А. Серийно МТМ-09 в настоящее время Минэлектротехпромом не изготавливается.

Для привязки линий 7247СЕ, 28-80/1, 7850, 7728А/3, 7728А/4 Гипростроммаш высылает их сборочные чертежи, зада-

ния на разработку фундаментов, электросхемы и технические описания, а также чертежи несерийного оборудования, изготовляемого заказчиком. Обращаться по адресу: 103287, Москва, А-287, 2-я Хуторская, 38а.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков Л. А. Состояние и направление развития машин и автоматизированных линий для изготовления ненапряженных железобетонных изделий. — Строительные и дорожные машины, 1979, № 11.
2. Волков Л. А., Королев В. В. Механизм 7798 для изготовления сеток с укороченными поперечными стержнями. — Строительные и дорожные машины, 1978, № 12.
3. Глобуцкий В. Г., Маннинен В. О., Волков Л. А. Производство арматурных изделий на Гатчинском ДСК. — Бетон и железобетон, 1978, № 3.
4. Установки для сварки арматурных сеток с укороченными поперечными стержнями / А. Ф. Шашии, Б. Р. Минкин, В. Б. Акимов, А. П. Быков. — Бетон и железобетон, 1978, № 4.
5. Волков Л. А. Механизмы для изготовления сеток экономичного армирования с укороченными поперечными стержнями и их применение. — Экспресс-информация, сер. Оборудование для промышленности строительных материалов, разд. 1. М., ЦНИИЭСтроймаш, 1979, № 4.

УДК 691.87:691.714

В. Д. ДОСЮК, В. С. ПОДЛЕСНЫХ, А. В. АНДРЕЙЧЕНКО, В. В. ПЬЯНЫХ, инженеры (Минпромстрой СССР); С. А. МАДАТЯН, канд. техн. наук (НИИЖБ)

## Автоматизация заготовки и натяжения высокопрочной стержневой арматуры

Автоматизация производства наиболее массовых видов преднапряженных железобетонных изделий явилась целью исследовательских, проектно-конструкторских и практических работ Минпромстроя СССР, НИИЖБ, Гипростроммаша и других организаций. На первом этапе

была поставлена задача комплексной автоматизации всех операций по заготовке и натяжению напрягаемой стержневой арматуры пустотных настилов.

Эти разработки преследовали цель использовать для практической экономии стали эффект преднапряжения, заклю-

чающийся в повышении сопротивления стали малым пластическим деформациям ( $\sigma_{0,02}$ ,  $\sigma_{0,2}$  и т. п.) в результате преднапряжения арматуры [1], а также существенно уменьшить его разброс, сократить расход электроэнергии и др.

На Ивано-Франковском заводе ЖБИИК в 1975 г. пущена в эксплуатацию линия ДМ-1, работавшая до мая 1979 г., когда на основании полученного опыта КТБ Стройиндустрия была составлена техническая документация, а заводом смонтирована промышленная линия ДМ-2 (см. рисунок). Такая же линия изготовлена на РМЗ треста Рязаньжелезобетон и в настоящее время готовится к пуску в эксплуатацию в новом цехе завода ЖБК-2.

На основе опыта применения линии ДМ-1 Гипростроммашем разработана, а Черкасским заводом «Строммашина» изготовлен головной образец подобной линии (СМЖ-484) для конвейерной технологической схемы изготовления преднапряженных железобетонных изделий.

Сущность новой технологии\* состоит



Общий вид автоматической линии ДМ-2

\* А. с. № 571565. Устройство для предвзрывательного натяжения стержней. В. Д. Досюк, С. А. Мадатян. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1977, № 3.

А. с. № 669040. Способ заготовки и натяжения арматурных стержней. В. Д. Досюк, С. А. Мадатян. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1979, № 23.

в объединении в одном автоматическом действующем агрегате механизмов, выполняющих все операции по заготовке и натяжению высокопрочной стержневой арматуры, включая отбор стержня из пакета арматуры, перемещение формы к месту натяжения, измерение расстояния между каждой парой упоров на форме, мерную резку стержня, высадку анкерных головок на концах стержней, электронагрев, принудительную укладку нагретых стержней и перемещение формы с натянутой арматурой.

Общая продолжительность всех операций заготовки и натяжения одного стержня длиной 6,3 м в зависимости от диаметра арматуры и конструкции питателя 30—60 с (см. таблицу).

Работа линии начинается с укладки пакета стержней арматуры на платформу питателя и установки форм на ролик. Захват питателя автоматический извлекает стержень из пакета, затем включается отсекающий и передает его в зону резки. Одновременно происходит перемещение формы по ролик к месту укладки напрягаемых стержней, где она фиксируется на упорах, расстояние между опорными поверхностями которых измеряется специальными датчиками. В соответствии с этими данными автоматически корректируется расстояние между механизмами высадки головок и контактного электронагрева и длина резки, что позволяет почти вдвое уменьшить разброс преднапряжения. После резки механизм переноса стержня, возвращаясь в исходное положение, подает стержень на наклонные кронштейны и с помощью удерживающих рычагов плавно направляет его на поддерживающие ролики в зону высадки анкерных головок. При этом включаются механизмы высадки анкерных головок. Сначала срабатывают первые полости трехполосных цилиндров и через систему рычагов зажимают стержень усилием 13,7 т в губках симметрично высадочному пуансону. Затем срабатывают полости цилиндров низкого давления (2 атм) высадочных пуансонов и, создав необходимый контакт, включают трансформаторы нагрева конца стержня для высадки анкерных головок. Эта операция осуществляется одновременно на обоих концах стержня, независимо при нагреве конца стержня до заданной температуры, торцевой пуансон выключает трансформатор нагрева и включает вторую полость цилиндра высадки (4 атм), производя штамповку анкерной головки. После окончания высадки головок, в этих же губках происходит контактный электронагрев стержня по всей длине.

В процессе нагрева арматурные стержни подвергаются растяжению с усилием около 800 кг, а анкерные головки изготавливаются без вспомогательных шайб, что в сочетании со специальной конструкцией упоров позволяет обеспечивать величину преднапряжения стали класса Ат-V до 800 МПа, практически исключить обрыв анкерных головок и экономить металл, расходуемый обычно на шайбы (1—3% напрягаемой стали).

По окончании контактного электронагрева все механизмы возвращаются в исходное положение, освобождая стержень. Механизм укладки толкателями направляет нагретые стержни в пазы упоров, а поддерживающие ролики в это

время поворачиваются и окончательно освобождают стержень, после чего цикл повторяется.

Продолжительность нагрева одного стержня диаметром 12 мм—10—14 с при температуре  $380 \pm 20^\circ\text{C}$ . В результате нагрева стержня по всей длине и весьма быстрой (2—3 с) укладке его в упоры формы преднапряжения стали класса Ат-V до 800 МПа достигается без существенного снижения временного сопротивления стали  $\sigma_{0,02}$ ,  $\sigma_{0,1}$ ,  $\sigma_{0,2}$  и др.) значительно возрастает [1, 2].

Сочетание оптимальной температуры нагрева со стабилизацией стали в процессе натяжения и обеспечение значительных величин преднапряжения повышает условный предел текучести стали класса Ат-V при  $\sigma_{0,2} = 600$  МПа на 7—10% и сокращает расход напрягаемой стали. В соответствии с полученным эффектом представилось возможным перевести все изделия шириной 1,2 м, прелетом до 6,3 м на армирование четырьмя стержнями диаметром 12 мм, что в сочетании с исключением вспомогательных шайб для анкерных головок дало возможность экономить 20% напрягаемой стали на 1 м<sup>3</sup> изделия (см. таблицу).

Показатели	С-370, СМЖ-128а, СМЖ-129	
	ДМ-2	ДМ-2
Напрягаемая арматура класса Ат-V проектная	2014, 2012	4012
Трудозатраты (основная зарплата) на 1 тыс. м <sup>3</sup> железобетона, р.	780	396
Расход электроэнергии на 1 тыс. м <sup>3</sup> железобетона, кВт·ч	4538,7	1275,7
Расход воздуха на 1 тыс. м <sup>3</sup> железобетона, м <sup>3</sup>	82,6	954,9
Расход воды на 1 тыс. м <sup>3</sup> железобетона, м <sup>3</sup>	25,8	25,8
Максимальная производительность часовая	60	80
Установочная мощность электрооборудования, кВт	112,8	176

Для проверки полученного эффекта завод совместно с НИИЖБ испытал 6 пустотных настилов ПТК-59-12 и ПТК-60-12, различавшихся маркой бетона, количеством арматуры и величиной преднапряжения. В результате установлено, что оптимальным является армирование этих изделий четырьмя стержнями диаметром 12 мм из стали класса Ат-V при марке бетона не ниже М200 и величине преднапряжения  $\sigma_{0,2} = 580 \dots 600$  МПа. Увеличение уровня преднапряжения не приводит к существенному изменению несущей способности пустотных настилов, но требует использования бетона марки М300, что экономически нецелесообразно.

Линия ДМ-2 достаточно проста, удобна и надежна в эксплуатации. На Ивано-Франковском заводе ЖБИИК при периодических профилактических ремонтах осуществляли лишь замену электродов механизмов для высадки головок и электронагрева, ножей и манжет пневмоцилиндра механизма резки.

В результате изготовлено около 10 тыс. м<sup>3</sup> преднапряженных пустотных настилов

ПТК-60-12 и ПТК-59-12; сэкономлено свыше 40 т. высокопрочной стали; 32,6 тыс. кВт·ч электроэнергии; 94,5 тыс. чел.-ч трудозатрат. Основная зарплата арматурщиков снизилась с 1,7 до 0,93 р., число рабочих, занятых заготовкой и натяжением высокопрочной арматуры, уменьшилось в 3 раза.

Существенно увеличилась производительность оборудования, расход воздуха и установочная мощность электрооборудования (см. таблицу). Коренным образом изменилась социальная привлекательность труда — оператор либо управляет линией дистанционно, либо при работе в автоматическом режиме ограничивается пусконаладочными операциями и наблюдением за работой.

Общий экономический эффект от внедрения автоматической линии ДМ-2, по расчетам КГБ Стройиндустрии [3], составляет от 0,52 до 1,57 р. на 1 м<sup>3</sup> железобетона. В результате снижения трудоемкости арматурных работ, уменьшения расхода арматурной стали, электроэнергии и повышения объема выпуска преднапряженных изделий экономический эффект стал равным 4,3 р. на 1 м<sup>3</sup> железобетона.

Комплексная автоматизация изготовления потребовала упрощения конструкции и сокращения не только рабочей напрягаемой, но и конструктивной арматуры пустотных настилов.

#### Выводы

Впервые автоматизирована технология заготовки и преднапряжения высокопрочной стержневой арматурной стали на одной линии.

Применение линии ДМ-2 на Ивано-Франковском заводе ЖБИИК в результате объединения в одном агрегате и автоматизации всех технологических операций заготовки и натяжения высокопрочной стержневой арматурной стали, качественно более высокого уровня работ и использования современных достижений теории и технологии железобетона позволило уменьшить трудоемкость арматурных работ и расход электроэнергии в 3 раза, изменчивость преднапряжения арматуры в 2 раза, расход напрягаемой стали на 20%, себестоимость изготовления 1 м<sup>3</sup> железобетона на 4,3 р.

Разработанная технология и оборудование являются весьма перспективными. Опыт промышленной эксплуатации линии ДМ-2 показал высокую эффективность автоматизации процессов изготовления основных видов преднапряженных железобетонных изделий, поэтому Минпромстрой СССР планирует в одиннадцатой пятилетке внедрить 15 линий ДМ-2, что позволит ежегодно экономить не менее 63 тыс. чел.-ч трудозатрат, 1200 т высокопрочной стали, около 1 млн. кВт·ч электроэнергии и 0,5—1 млн. р. Это также коренным образом улучшит условия и повысит социальную привлекательность труда.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мадатян С. А. Технология натяжения арматуры и несущая способность железобетонных конструкций. М., Стройиздат, 1980.
2. Досюк В. Д., Мадатян С. А. Автоматизация процессов заготовки и натяжения стержневой арматуры. М., ДНТП, 1977.
3. Расчет экономической эффективности от внедрения полуавтоматической установки заготовки и натяжения и укладки стержней на Ивано-Франковском заводе ЖБИИК. КГБ стройиндустрия (шифр 362), 1977.

## Методика расчета потребности и экономии арматурных сталей в строительстве

Расчет перспективной потребности в арматурных сталях и прокате для железобетона в целом по стране является составной частью всех прогнозов развития и совершенствования капитального строительства и черной металлургии. Планируемая при этом экономия стали, особенно, ее реализация благодаря применению эффективных видов и классов арматуры и совершенствованию железобетонных конструкций имеет важное народнохозяйственное значение.

Расчет перспективной потребности в арматурных сталях и прокате для железобетона всех видов осуществляется натурно-стоимостным методом и методом экспертных оценок. Метод прямого счета базируется на перспективных объемах производства конструкций и усредненных расходах стали по видам и классам арматуры на 1 м<sup>3</sup> железобетона. Усредненный расход рассчитывается на основании рабочих чертежей конструкций-представителей, входящих в состав здания-представителей для каждого вида строительства с учетом перспектив совершенствования конструкций и применения эффективных классов стали, которые оцениваются методом экспертной оценки (табл. 1). Для транспортного строительства и связи, а также для спецжелезобетона можно ограничиться рассмотрением конструкций-представителей.

Расчет перспективной потребности в арматурной стали и прокате для арми-

рования  $j$ -го вида железобетона в  $t$ -ом году производится по общей формуле

$$Q_{nj}^t = \sum_{i=1}^{i=n} N_{ij}^t W_j^t, \quad (1)$$

где  $N_{ij}^t$  — усредненный расход  $j$ -го класса стали для 1 м<sup>3</sup>  $i$ -го вида железобетона в  $t$ -ом году;  $W_j^t$  — перспективный объем производства  $j$ -го вида железобетона в  $t$ -ом году;  $n$  — число классов стали:  $n=6$  для монолитного железобетона,  $n=11$  для сборного преднапряженного железобетона.

Перспективная потребность в арматурной стали и прокате для армирования железобетона необходимых видов в  $t$ -ом году рассчитывается по формуле

$$Q_{nj}^t = \sum_{j=1}^{j=m} Q_{nj}^t, \quad (2)$$

где  $m$  — число видов железобетонных конструкций, которое может ограничиваться необходимым набором конструкций (обычные сборные, преднапряженные, монолитные и т. д.).

По формулам (1) и (2) определяется потребность в арматурной стали и прокате в натурном исчислении. В необходимых случаях (например, для планирующих организаций) эта потребность мо-

жет быть приведена к арматуре класса А-I марки Ст3. Расчет перспективной потребности в приведенной арматурной стали для железобетона в  $t$ -ом году следует производить по формуле

$$Q_{np}^t = \sum_{j=1}^{j=m} \sum_{i=1}^{i=n} K_{пр i} N_{ij}^t W_j^t, \quad (3)$$

где  $K_{пр i}$  — коэффициент приведения  $i$ -го класса стали к арматуре класса А-I марки Ст3 (табл. 2).

Таблица 2

Класс стали	$K_{пр}$	$K_{э}$
А-I	1	0
А-II, Ас-II	1,21	0,21
А-III, Ас-III*, Ат-IIIС*	1,49	0,49
А-IV, Ат-IV (Ат-IVС)	1,95	0,95
А-V, Ат-V	2,2	1,2
А-VI, Ат-VI	2,4	1,4
Ат-VII	2,6	1,6
В-I	1,39	0,39
Вр-I	1,47	0,47
Повышенной прочностн	1,8	0,8
В-II, Вр-II	2,8	1,8
К-7, К-19	3	2

\* Для диаметров арматуры 6 и 8 мм  $K_{пр} = 1,45$ ,  $K_{э} = 0,45$ .

Расчет экономии арматурной стали и проката от применения эффективных видов и классов арматуры производится в натуральном исчислении относительно базисного года (год окончания пятилетки). При этом расчетная формула имеет вид

$$V_{nj}^t = \sum_{j=1}^{j=m} \sum_{i=1}^{i=n} (N_{ij}^6 - N_{ij}^t) W_j^t, \quad (4)$$

где  $N_{ij}^6$  — усредненный расход  $i$ -го класса стали для 1 м<sup>3</sup>  $j$ -го вида железобетона в базисном году.

Относительно базисного года экономия в приведенной стали

$$V_{np}^t = \sum_{j=1}^{j=m} \sum_{i=1}^{i=n} K_{пр i} (N_{ij}^6 - N_{ij}^t) W_j^t. \quad (5)$$

Абсолютная экономия приведенной стали для  $j$ -го вида железобетона в  $t$ -ом году рассчитывается по формуле

$$V_{np.a}^t = \sum_{j=1}^{j=m} \sum_{i=1}^{i=n} K_{э i} N_{ij}^t W_j^t. \quad (6)$$

где  $K_{э i}$  — коэффициент экономии  $i$ -го класса стали (см. табл. 2).

Таблица 1

Класс стали	Усредненный расход стали, кг на 1 м <sup>3</sup> железобетона				
	сборного		монолитного	спецжелезобетона	всего
	обычного	преднапряженного			
Стержневая арматура:					
А-I	8,93/4,66*	3,27/2,52	14,42/13,14	9,3/8,6	9,96/6,96
А-II (Ас-II)	9,19/6,79	3,27/3,47	18,29/18,18	16,6/15,3	11,66/9,99
А-III (Ат-IIIс)	37,52/33,74	17,24/17,85	23,53/24,6	42,6/45	30,42/31
А-IV (Ат-IV)	1,6/—	6,04/—	—	5/—	1,84/—
Ат-IVС	—/2,44	—/2,09	—	—/4,3	—/1,8
А-V, Ат-VI	—	9,35/8,82	—	1,7/1,6	1,36/1,37
Ат-V	—	17,33/13,36	—	6,4/5,9	2,62/2,27
Ат-VI—Ат-VII	—	—/6,18	—	—	—/0,9
Прокатная арматура	1,25/1,74	—	—	—	0,62/0,9
Проволочная арматура:					
В-I	3,9/—	6,41/—	1,15/—	4/—	3,35/—
Вр-I	4,2/6,96	5,85/8,56	1,08/2,28	13,5/16,2	3,82/6,39
А-III (d=5 мм)	—/1,33	—	—	—	—/0,69
Повышенной прочностн:	—/1,89	—/0,34	—	—	—/1,03
В-II, Вр-II	—	2,12/1,55	—	26/24	1,43/1,52
К-7, К-19	—	0,74/2,73	—	4,4/4,1	0,29/0,62
Ат-VII (d=8 мм)	—	—/1,36	—	—	—/0,2
Прокат для закладных деталей	5,52/4,14	4,29/3,45	1,87/1,86	2,9/2,6	4,05/3,31

\* Перед чертой — 1980 г.; после черты — 1985 г.

## Совершенствование процесса заготовки арматурных стержней на правильно-отрезных станках

В настоящее время примерно 18—20% общего объема арматуры поставляется в мотках и перерабатывается на правильно-отрезных станках, которые осуществляют заготовку мерных арматурных стержней.

Объем выпуска арматурной стали в мотках и ее диаметр будут постоянно расти, поскольку при таком виде поставки снижаются расходы по изготовлению арматуры на металлургических предприятиях и по ее доставке потребителю. Однако производительность и точность применяемых в отечественной строительной практике правильно-отрезных станков не отвечают современным требованиям и не могут обеспечить повышения эффективности технологического процесса заготовки.

Производительность станков можно увеличить путем сокращения цикла на переработку каждого мотка, что достигается увеличением скорости подачи стержня при одновременном сокращении времени, затрачиваемого на вспомогательные операции (установка мотка, заправка его конца, настройка правильного устройства, переналадка станка на различную длину и диаметр заготавливаемых стержней). Однако скорость нельзя увеличивать произвольно, поскольку она зависит от характера подачи стержня в станке, определяемого конструктивными особенностями измерителя длины и режущего механизма. В широко применяемых правильно-отрезных станках моделей СМЖ-357, И-6022 и И-6118, оборудованных приемно-отмеривающими устройствами с непроходным упором и режущими механизмами с гильотинными ножами, подача имеет циклический характер при скорости, практически не превышающей 40—50 м/мин. Скорость подачи в станках такого типа увеличивают путем усовершенствования режущего механизма, однако ее верхний предел не может превысить 70—80 м/мин, так как при более высоких значениях в момент остановки стержня происходят пережоги и повреждения его поверхности непрерывно вращающимися правильными элементами, а также интенсивный износ подающих роликов. Следовательно, повышение скорости до 200—300 м/мин, т. е. до уровня, достигнутого в лучших образцах зарубежных фирм «Wafios», «Koch» (ФРГ) и др., возможно лишь при использовании наиболее прогрессивной схемы с непрерывной подачей, при которой отмеривание и резка стержня осуществляются без каких-либо его остановок. Практическая реализация преимуществ этой схемы сдерживается тем, что с увеличением скорости при непрерывной подаче снижается точность заготовки.

С целью повышения производительности правильно-отрезных станков с непрерывной подачей при одновременном обеспечении требуемой точности заготовки автором были исследованы технологические и конструктивные факторы, влияющие на операции отмеривания и резки. Длину каждого стержня можно представить в виде суммы, включающей в себя базовую длину, на которую настраивают измеритель, и отрезок, равный пути, пройденному стержнем за время срабатывания режущего механизма (так называемый путь срабатывания). При работе станка под действием множества случайных факторов возникает разброс длины стержней, который характеризуется точность заготовки и оценивается с помощью статистических методов погрешностью длины. Последняя регламентируется производственным допуском и отражает суммарное влияние на точность заготовки погрешностей, возникающих при отмеривании и резке.

Погрешность отмеривания возникает из-за колебаний базовой длины в процессе работы, а также при отклонении стержня от прямолинейного положения. Для уменьшения этой погрешности в правильно-отрезных станках с непрерывной подачей следует применять концевые измерители длины с проходным флажковым упором, в которых обеспечены постоянство базовой длины и предельная устойчивость стержня при взаимодействии с упором. Недостатком измерителей этого типа является то, что они не исключают погрешности отмеривания, возникающей при отклонении стержня по вертикали относительно оси поворота

флажкового упора. Кроме того, сравнительно низкая скорость выгрузки каждого отрезанного стержня из направляющего желоба и интенсивный износ последнего при скольжении по нему стержней не позволяют увеличить скорость подачи и тем самым ограничивают производительность заготовки.

Для устранения указанных недостатков была предложена новая схема концевой измерителя длины, принципиальным отличием которой от существующих является то, что положение стержня в ней фиксируется по вертикали в процессе отмеривания путем притягивания его к расположенным надосью подачи электромагнитным роликам, причем стержень выгружается при кратковременном их обесточивании. Использование такой схемы практически исключает погрешность отмеривания и увеличивает скорость выгрузки стержня в 5—6 раз. Кроме того, снижается износ элементов измерителя из-за замены сплошного направляющего желоба катушечными опорами (рис. 1).

Методика расчета нового измерителя длины, позволяющая определить его основные параметры, исходит из условия надежности работы, которое в данном случае обеспечивается притягиванием и удержанием движущегося стержня электромагнитными роликами. Их тянущее усилие и шаг определяют графоаналитическим методом путем построения линейной зависимости прогиба стержня минимального диаметра от собственной массы, а также гиперболической зависимости тянущего усилия от воздушного зазора, определяемого этим же прогибом.

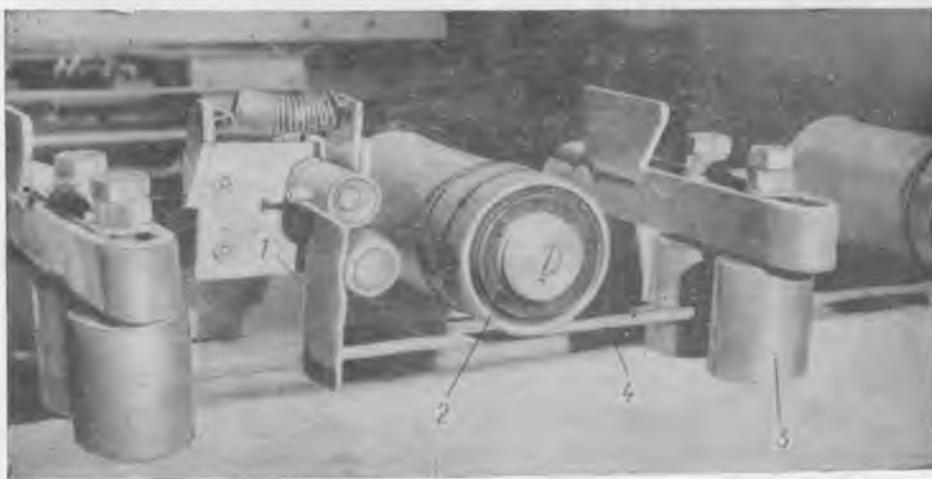


Рис. 1. Положение стержня в электромагнитном измерителе длины

1 — командоаппарат с флажковым упором; 2 — электромагнитный ролик; 3 — вертикальные направляющие ролики; 4 — стержень

На основании предложенной схемы и методики ЦЭКБ Строймехавтоматика ЦНИИОМТП разработано электромагнитное приемно-отмеривающее устройство (ЭПОУ), использованное при модернизации более чем 20 правильно-отрезных станков СМ-759 (СМЖ-142). Опыт эксплуатации ЭПОУ показал, что погрешность длины заготавливаемых стержней зависит только от операции резки, осуществляемой режущим механизмом с вращающимися ножами. Операция резки характеризуется величиной пути срабатывания, которая изменяется в каждом цикле из-за колебаний скорости подачи стержня и разброса времени срабатывания режущего механизма. Было установлено, что колебания скорости подачи, вызванные проскальзыванием стержня в подающих роликах, можно уменьшить путем создания оптимального усилия их прижима.

В наиболее рациональном при непрерывной подаче режущем механизме с вращающимися ножами на разброс времени срабатывания влияет исполнительный элемент (электромагнит), непосредственно воспринимающий команду на резку, и главным образом, кулачковая муфта, осуществляющая кинематическую связь привода с ножами. При питании электромагнита переменным током синусоидальный характер изменения его параметров обуславливает разброс времени включения, уменьшить который можно при переходе на питание постоянным током.

Разброс времени включения кулачковой муфты вызван ее конструктивными особенностями и устранить его практически невозможно. Отсюда следует, что уменьшить разброс времени срабатывания режущего механизма в целом можно лишь при исключении кулачковой муфты из кинематической схемы станка, что требует изменения его конструкции.

С учетом этого была предложена принципиально новая схема режущего

механизма с вращающимися самоаклинивающими ножами. Эта схема отличается от существующих тем, что ножи не имеют силового привода и поворачиваются толкателем до момента соприкосновения со стержнем, который затем заклинивается между ножами и перерезается под действием приложенного непосредственно к нему усилия продольной подачи. Это позволило исключить кулачковую муфту и увеличить скорость подачи в 2—2,5 раза при одновременном повышении точности заготовки и упрощении конструкции режущего механизма.

На основании аналитических исследований нового режущего механизма определены условия его работоспособности и получены формулы для расчета основных параметров. Усилие продольной подачи  $T$ , необходимое для перерезания стержня диаметром  $d$ , равно

$$T = \frac{P_{рез} d^2 \left[ \arccos \frac{2R}{d} (1 - \cos \alpha) - \frac{2R}{d^2} \times \right. \\ \left. \times (1 - \cos \alpha) \sqrt{d^2 - 4R^2 (1 - \cos \alpha)^2} \right] \times \\ 2 (1 - f \operatorname{tg} \beta) \\ \times \sin 2\alpha (1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta)}{2 (1 - f \operatorname{tg} \beta)}, \quad (1)$$

где  $R$ —радиус поворота режущих кромок ножей;  $P_{рез}$ —удельное усилие резки;  $\alpha$ —угол отклонения ножей от вертикали;  $\beta$ —угол между радиусом  $R$  и задней гранью ножа;  $f$ —коэффициент трения в паре «нож—стержень». Значение  $\alpha_{макс}$ , соответствующее  $T_{макс}$ , равно

$$\alpha_{макс} \approx 0,5 \arccos \left( 1 - \frac{d}{2R} \right). \quad (2)$$

Предельное значение угла  $\beta$  равно  $\beta \leq 90^\circ - \rho$ , где  $\rho$ —угол трения. Исследования режущего механизма с

самоаклинивающими ножами, проведенные путем постановки планированного полного факторного эксперимента (ПФЭ) типа  $2^3$ , подтвердили, что усилие подачи определяется главным образом диаметром стержня  $d$  и пределом прочности арматурной стали  $\sigma_b$ . Кроме того, было установлено, что усилие  $T$  практически не зависит от скорости подачи  $V_p$ . С учетом результатов исследований в ЦЭКБ Строймехавтоматика ЦНИИОМТП создан экспериментальный образец правильно-отрезного станка для арматуры диаметром до 14 мм, который прошел производственные испытания на заводе ЖБК-2 (г. Железнодорожск) Курсктяжстроя Минтяжстроя СССР. В станке использован режущий механизм с самоаклинивающими ножами и измеритель длины ЭПОУ, что обеспечило скорость подачи 120 м/мин при точности заготовки  $\pm 3$  мм (рис. 2).

Станок оборудован также правильным барабаном с роликовыми правильными элементами и подающим устройством нового типа, исключающим проскальзывание стержня. Заправка конца мотка механизирована, что существенно сокращает затраты времени и ручного труда на вспомогательные операции. Основные узлы станка принципиально новы не только для отечественной, но и для зарубежной практики.

В настоящее время Чебоксарским филиалом СКТБ стройиндустрии Минстроя СССР с учетом результатов испытаний подготовлена рабочая документация на опытно-промышленный образец. К концу 1981 г. в Минстрое СССР намечено выпустить опытную партию новых станков. Годовой экономический эффект от внедрения одного станка составит ориентировочно 6 тыс. р.

## В Госстрое СССР

Постановлением Госстроя СССР от 18 ноября 1980 г. № 177 утвержден и с 1 января 1982 г. вводится в действие разработанный НИИЖБ Госстроя СССР, ЦНИИС Минтрансстроя и ВНИИФТРИ Госстандарта государственный стандарт «Бетоны. Методы определения призмной прочности. Модуля упругости и коэффициента Пуассона» (ГОСТ 24452-80).

Постановлением Госстроя СССР от 18 ноября 1980 г. № 180 утвержден и с 1 января 1982 г. вводится в действие разработанный ЦНИИПромзданий Госстроя СССР государственный стандарт «Плиты парпетные железобетонные для производственных зданий. Технические условия» (ГОСТ 6786-80).

В связи с этим утратят силу с 1 января 1982 г.:

п. 1 постановления Госстроя СССР от 21 июля 1971 г. № 113 «Об утверждении государственного стандарта «Плиты парпетные железобетонные для производственных зданий»;

приложение 7 к постановлению Госстроя СССР от 27 апреля 1973 г. № 64 «Об изменении государственных стандартов на железобетонные изделия».

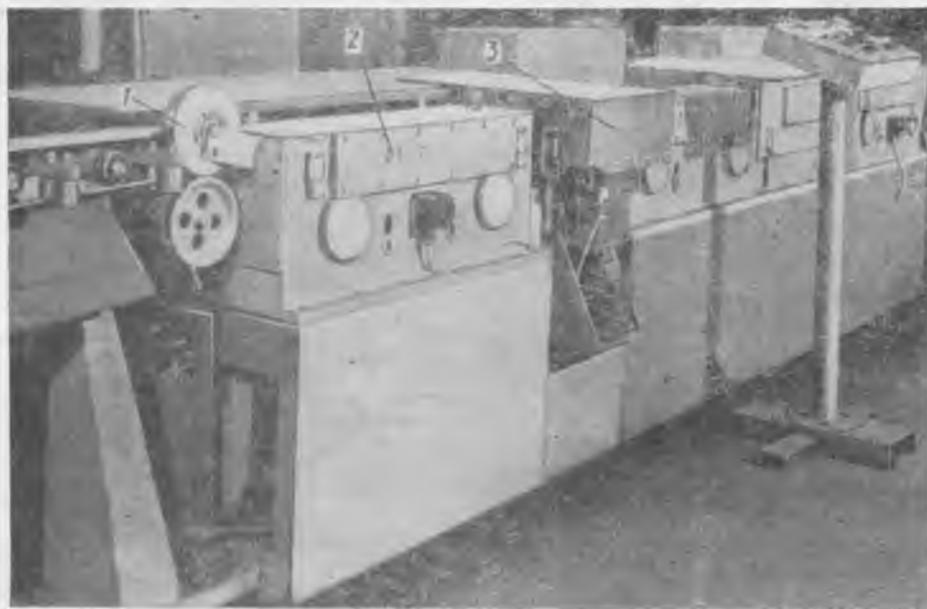


Рис. 2. Общий вид экспериментального правильно-отрезного станка с самоаклинивающими ножами конструкции ЦНИИОМТП  
1 — ЭПОУ; 2 — секция подающего устройства; 3 — режущий механизм

И. Г. ХАИТ, канд. техн. наук;  
Ф. М. ДУБРОВИН, В. И. ОНУПРИЕНКО, инженеры (НИИЖБ)

## Высадка анкерных головок на стержневой высокопрочной арматуре

Надежность устройств для закрепления напрягаемой арматуры в упорах во многом определяет технологичность производства и качество преднапряженных железобетонных конструкций. Наиболее широко для закрепления высокопрочной стержневой напрягаемой арматуры применяют анкеры в виде высаженных горячим способом головок на установках СМЖ-128\* и самодельных установках на базе машин контактной стыковой сварки.

Эта технология имеет принципиальные недостатки, приводящие к снижению прочности головок и частым обрывам их при натяжении стержней. При прохождении тока нагрева вдоль оси стержня от радиального контакта к торцевому наивысшая температура нагрева проявляется в месте наибольшего контактного сопротивления, т. е. в локальном участке цилиндрической части стержня в подголовке. В результате происходит перегрев, поджог, что уменьшает поперечное сечение стержня. Так как матрица и пуансон, служащие одновременно контактами, подводящими ток нагрева к стержню, изготавливаются из материалов малой прочности и твердости (меди, бронзы), то при высадке головок нельзя прикладывать высокие усилия. Это требует нагрева конца стержня до высоких температур порядка 1000°C. При этом перегревается металл стержня, растут зерна аустенита, резко снижается прочность металла в подголовке.

В НИИЖБ предложен новый принцип высадки анкеров и разработан рабочий орган станка (рис. 1), обеспечивающий высокую прочность головок. Зажимные губки и пуансон в этом устройстве не являются токоподводящими элементами, поэтому они изготовлены из стали, закалены и могут воспринимать значительные усилия. Ток нагрева подводится к цилиндрической поверхности стержня двумя радиальными контактами, перемещающимися перпендикулярно к оси стержня. Это исключает возможность поджогов поверхности стержня на участке подголовка и перегрева металла. Составные контакты обеспечивают импульсное крестообразное прохождение тока. При этом конец стержня нагревается равномерно, без перегрева на отдельных участках. Зажимные губки имеют внутри каналы с сопловыми отверстиями, выходящими в зону подголовка. Это позволяет охлаждать зону подголовка водовоздушной смесью и предотвращать разупрочнение.

В НИИЖБ был изготовлен и испытан опытный образец станка для высадки го-

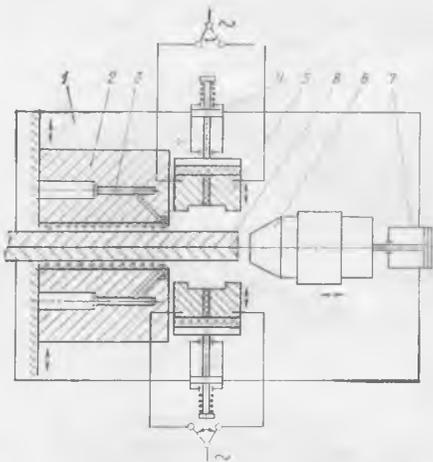


Рис. 1. Схема рабочего органа станка для высадки головок конструкции НИИЖБ

1 — плита станины; 2 — зажимные губки; 3 — каналы для охлаждающей смеси; 4 — гидроцилиндры перемещения контактов; 5 — контакты механизма нагрева; 6 — пуансон; 7 — гидроцилиндр осадки; 8 — арматурный стержень

ловков на стержнях диаметрами 16—22 мм. Привод станка гидравлический, усилие зажатия и высадки до 16,5 и 25 т соответственно, мощность трансформатора нагрева 75 кВт·А. Управление станком автоматизировано. При испытаниях применяли арматурную сталь класса Атп-V (профиль № 22) производства Макеевского металлургического завода ( $\sigma_b=103,5$  кгс/мм<sup>2</sup>;  $\sigma_{0,2}=95$  кгс/мм<sup>2</sup>;  $\delta_5=13\%$ ). В процессе высадки изменялись температура нагрева, усилие высадки, продолжительность охлаждения подголовка.

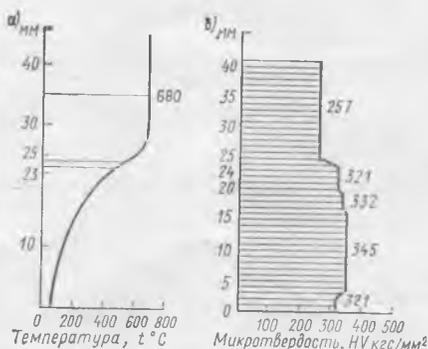


Рис. 2. Распределение температуры (а) и микротвердости (б) по длине высаженного образца

\* Машины и оборудование для производства сборного железобетона и цемента. Каталог-справочник. М., Минстройдормаш СССР, 1972.

В результате исследований выведена прямая зависимость прочности головок на стержнях из термоупрочненной стали от температуры нагрева и усилия высадки. При усилии высадки 25 т и температуре нагрева примерно 700°C прочность металла в подголовке не ниже прочности основного металла стержня. При этом образцы, испытанные на отрыв головок, разрушились по основному металлу стержня. Отсутствовали поджоги на поверхности стержней в подголовках, головки имели правильную геометрическую форму.

Металлографические исследования (рис. 2), проведенные на продольном шлифе, изготовленном из образца, показали, что основной металл представляет собой троостит с микротвердостью НУ 321-345 кгс/мм<sup>2</sup>. При нагреве отпуск закаленного металла вдоль образца происходил в различной степени, что повлияло на дисперсность структуры. Вблизи основного металла на расстоянии 2 мм от линии перехода наблюдается феррито-перлитная структура с ферритом игольчатой формы и с сохранением трооститной ориентации. Температура нагрева составляла примерно 500°C. При повышении температуры отпуска до 550°C (на расстоянии 1 мм от линии перехода) дисперсность феррито-перлитной смеси возрастает, феррит приобретает более округлую форму, направленность в его распределении исчезает. В утолщенной части шлифа, начиная от линии перехода, при максимальной температуре отпуска 680°C—700°C микроструктура представляет собой сорбитообразный перлит; твердость его равна 257 кгс/мм<sup>2</sup>.

Зона термического влияния, или зона перехода от основного металла к отпущенному при максимальной температуре, составляет всего 1 мм. На этой длине твердость металла изменяется от 321 кгс/мм<sup>2</sup> (твердость основного металла) до 257 кгс/мм<sup>2</sup> (твердость металла головки). Это зона разупрочнения. Однако агрегатная прочность металла в ней выше или равна прочности основного металла стержня, так как расположена в утолщенной части с площадью поперечного сечения, на 15% превышающей площадь стержня.

### Выводы

При удельном давлении высадки 6500 кг/см<sup>2</sup> и температуре нагрева 680—700°C образуется узкая зона перехода, в которой происходит пластическая деформация металла, что обеспечивает прочность головок не ниже прочности стержня из термоупрочненной стали.

Принятые конструктивные решения и технологические параметры рабочего органа станка для высадки анкерных головок на стержневой напрягаемой арматуре обеспечивают стабильно высокую прочность головок.

## Исследование процесса гибки арматурных стержней

В настоящее время на производстве получает широкое применение технология изготовления пространственных арматурных каркасов способом гибки [1]. При проектировании арматурных каркасов и гибочного оборудования необходимо знать основные параметры процесса гибки — угол пружинения  $\alpha_n$ , радиус загиба  $r$  по внутреннему волокну и величину изгибающего момента  $M$  в стержне, зависящие от характеристики стержня и условий гибки. Имеющиеся в литературе сведения [2] не рассматривают стали и условия гибки, применяемые в арматурном производстве, или относятся к частичным случаям [3].

При создании гибочного оборудования используется эмпирический подход, при котором необходимые параметры подбираются многократными пробами. При этом не удается получить намеченные характеристики оборудования или мощность привода, несущая способность гибочных устройств получается излишней или недостаточной.

Необходимо знать зависимости значений  $\alpha_n$ ,  $r$  и  $M$  от радиуса оправки  $r_{оп}$ , угла загиба  $\alpha$ , диаметра изгибаемого стержня  $d$  и предела текучести  $\sigma_t$  материала стержня. Кроме перечисленных величин на  $\alpha_n$ ,  $r$  и  $M$  влияют геометрические и другие особенности гибочного устройства, например при гибке стержней по схеме «балка на двух опорах» (рис. 1) могут оказать влияние тип опор и величина пролета  $L$ .

В НИЛ и ФХММ и ТП в течение нескольких лет изучали процессы гибки арматурных стержней и каркасов. В качестве основного испытательного оборудования использовали установку, состоящую из рамы, силового винта, гибочной траверсы, тяг, сменных рабочих органов, динамометрической балки.

Ручной провод через силовой винт с шагом 6 мм позволял сгибать стержни диаметром до 14 мм из стали класса А-1, причем можно регулировать перемещения и нагрузки, останавливая опыт на заданных ступенях. В качестве рабочего органа служила вертикальная траверса с круглой оправкой. Опорные узлы были выполнены в двух вариантах — опоры скольжения и роликовые опоры. Нагрузку измеряли динамометрической балкой, в которую устанавливали ДОСМ-1. Углы и радиусы загиба экспериментальных образцов измеряли шаблонами, ступенчатыми шаблонами-оправками и угломерами.

Экспериментальные исследования производили при переменных  $L$  и  $r_{оп}$ . В ходе опытов измеряли усилия гибки  $P$  при фиксируемых значениях рабочего хода

ступенчатым шаблоном. По значению  $\varphi$  вычисляли угол пружинения  $\alpha_n = \varphi - (180^\circ - \alpha)$ .

Изгибающий момент в стержне определяли по формулам, полученным из рассмотрения сил, действующих на образец. В точках контакта стержня с опорами скольжения (рис. 1) возникают

реакции  $Q = \frac{P}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}$  и силы трения по

опорам  $T = \mu Q$  ( $\mu$  — коэффициент трения). Найдя момент относительно точки  $a$ , получим величину изгибающего момента в стержне:

$$M = \frac{P}{2} \left[ \frac{L}{2} \left( 1 + \mu \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) + \left( h - \frac{d}{2} \right) \left( \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \mu \right) \right]. \quad (1)$$

При роликовых опорах радиуса  $r_p$  (см. рис. 1) расчетный пролет  $L = L' - 2r_p$   $\sin \frac{\alpha}{2}$  ( $L'$  — расстояние между центрами роликов). Изгибающий момент в стержне

$$M = \frac{P}{2} \left\{ \frac{L}{2} + \left[ h - \frac{d}{2} - r_p \left( 1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \right] \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right\}. \quad (2)$$

В настоящее время завершены исследования гибки стержней из сталей классов В-1 и А-1. Поскольку число факторов для каждого типа стержней невелико и опыты не требуют больших затрат времени, при проведении исследования возможно применение полного факторного эксперимента с варьированием каждого фактора на трех уровнях. Для проволоки класса В-1 принимали номинальные диаметры 3, 4 и 5 мм, для стали класса А-1 — 6, 10 и 14 мм. Остальные параметры для обоих типов стержней  $r_{оп} = 10, 15$  и 20 мм;  $\alpha = 60, 90$  и  $120^\circ$ ; величину  $L$  при опорах скольжения и  $L'$  при роликовых опорах принимали равной 120, 170 и 220 мм. Таким образом, для каждого класса стержней проводили по 81 опыту на опорах различного типа.

Как показали результаты экспериментов, для стали класса А-1  $\alpha_n < 16^\circ$ , для В-1 —  $\alpha_n^{\max} = 48^\circ$ . Величина радиуса загиба стержня (по внутреннему волокну) для стали класса В-1 уменьшалась с увеличением  $\alpha$ ; при  $\alpha = 120^\circ$   $r$  может быть меньше  $r_{оп}$ . Это объясняется влиянием наклепа внешних волокон проволоки, возникающего при холодной протяжке.

Статистический анализ данных с помощью критерия  $t$  Стьюдента [4] при уровне значимости  $p = 0,05$  показал, что  $\alpha_n$  и  $r$  для А-1 и  $\alpha_n$  для В-1 не зависят от  $r_{оп}$ , а зависимость  $r$  от  $r_{оп}$  для В-1 существенна. Величина изгибающего момента также не зависит от  $\alpha$  и  $L$ .

При определении уравнений регрессии для  $\alpha_n$  и  $r$  принята линейная модель, обеспечивающая в рассматриваемых случаях необходимую точность совпадения расчетных и экспериментальных данных и наиболее удобная для практических расчетов. Вычисления проводили по специальной программе методом наименьших квадратов на ЭЦВМ «Минск-32».

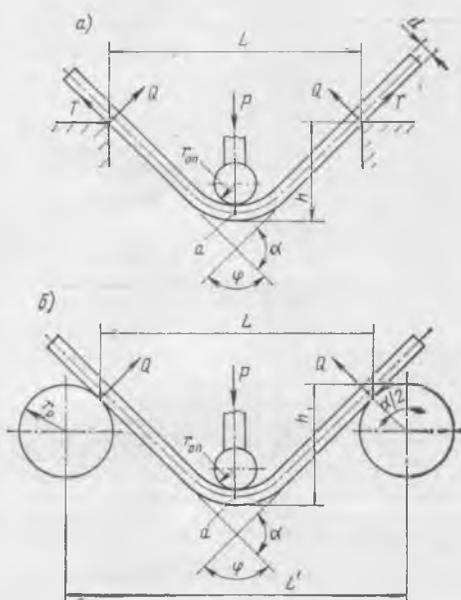


Рис. 1. Схема гибки экспериментальных образцов

а — при опорах скольжения; б — при роликовых опорах

$h$ , в конце эксперимента под нагрузкой с помощью стержневого шаблона проверяли совпадение контролируемого угла загиба стержня с заданным  $\alpha$ . После снятия нагрузки угломером замеряли угол  $\varphi$  изгиба образца, увеличившийся вследствие пружинения, а также радиус загиба по внутренней кромке стержня

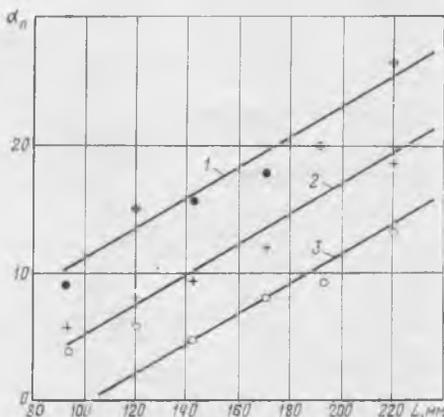


Рис. 2. Зависимость угла пружинения от расчетного пролета при угле загиба стержня  $60^\circ$  для проволоки класса В-1  $\varnothing 3$  мм (1);  $\varnothing 4$  мм (2) и  $\varnothing 5$  мм (3)

В результате получены следующие уравнения:

$$\left. \begin{aligned} &\text{для В-I:} \\ &\alpha_{\text{п}} = 7,68 + 0,167 \alpha + 0,119 L - \\ &\quad - 6,06 d; \\ &r = 136 - 0,465 \alpha - 0,169 L - \\ &\quad - 15,9 d + 0,78 r_{\text{оп}}; \end{aligned} \right\} (3)$$

$$\left. \begin{aligned} &\text{для А-I:} \\ &\alpha_{\text{п}} = 5,08 + 0,034 \alpha + 0,0097 L - \\ &\quad - 0,517 d; \\ &r = -46,8 + 0,118 \alpha + 0,222 L + \\ &\quad + 2,38 d. \end{aligned} \right\} (4)$$

Эти выражения справедливы при  $60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$ ;  $80 \text{ мм} \leq L \leq 220 \text{ мм}$ ;  $3 \text{ мм} \leq d \leq 5 \text{ мм}$  для В-I и  $6 \text{ мм} \leq d \leq 14 \text{ мм}$  для А-I.

Ошибки при определении  $\alpha_{\text{п}}$  по приведенным формулам не превышают  $2-3^\circ$  для А-I и  $3-7^\circ$  для В-I. Ошибки в подсчете  $r$  составляют  $3-6 \text{ мм}$ .

На рис. 2 для примера даны построенные по формуле (4) графики зависимости  $\alpha_{\text{п}}$  от  $L$  и соответствующие экспериментальные точки.

Для изгибающего момента целесообразно искать математическую модель в той форме, которую имеет формула для момента при изгибе арматуры на станке [1], поскольку физические процессы, происходящие в стержне, одинаковы. Полученная после обработки экспериментальных данных зависимость имеет вид:

$$M = \left( 0,307 + \frac{0,281}{1,83 r_{\text{оп}} + 1} \right) d^3 \sigma_{\text{т}}. (5)$$

Для стали класса В-I в ГОСТ 6727-53  $\sigma_{\text{т}}$  не приводится, поэтому условно

$\sigma_{\text{т}} = 0,8 \sigma_{\text{вр}}$ . Погрешности формулы (5) в подавляющем большинстве случаев не превышает 20%.

Приведенные выше выражения позволяют легко получить необходимые данные при создании гибочного оборудования и проектировании арматурных каркасов для различных сочетаний параметров гибки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Носенко Н. Е. Механизация и автоматизация изготовления арматуры для железобетонных конструкций. М., Стройиздат, 1970.
2. Мошнин Е. Н. Гибка, обтяжка и правка на прессах. М., Машгиз, 1959.
3. Шниер Г. Б., Королев В. В. Станок 7251А для гибки арматурных сеток. — Строительные и дорожные машины, 1969, № 3.
4. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. М., Мир, 1972.

УДК 691.87:693.554

В. С. ДЕГТЯРЕВ, канд. техн. наук (НИИСК)

## Сортировка горячекатаных арматурных стержней

Горячекатаные арматурные стержни классов от А-III до А-VI невозможно отсортировать по внешнему виду из-за одинаковой формы их периодического профиля. Традиционные испытания на разрывной машине достаточно трудоемки. Вместе с тем известна связь между физико-механическими и электромагнитными характеристиками горячекатаных сталей [1, 2], которая значительно усложнена для термоупрочненных сталей [3, 4].

Исследовали возможность определения класса горячекатаной арматурной стали по ее магнитной проницаемости и удельному электрическому сопротивлению электромагнитным методом (методом вихревых токов). Для этого параметрический вихревой преобразователь проходного типа (в виде катушки) включали в одно из плеч моста переменного тока, балансировка которого по амплитуде и фазе производится двумя потенциометрами. Напряжение, снимаемое с диагонали моста, подается на измерительный прибор. Комплексное сопротивление катушки, а следовательно, и балансировка моста зависят от электромагнитных свойств размещенного в ней образца. Если поместить эталонный образец арматуры в катушку преобразователя и потенциометрами сбалансировать мост, то показания прибора  $\Pi$  будут близки нулю. Замена эталонного образца другим любого класса приводит к разбалансировке моста и повышению показаний прибора.

Для проведения экспериментов использовали макет прибора, снабженного двумя переключателями — диаметра арматуры и класса арматуры. С помо-

щью второго переключателя, имеющего положения, обозначенные А-III, А-IV, А-V, А-VI, к мостовой схеме поочередно подключают балансирующие потенциометры. Предварительная настройка прибора состоит в балансировке моста по эталонным образцам классов от А-III до А-VI при соответствующих положениях этого переключателя.

Для определения класса стали конец исследуемого стержня помещают в катушку преобразователя, а переключатель диаметра арматуры устанавливают в соответствующее положение. Затем нахо-

дят положение переключателя класса арматуры, при котором показания прибора минимальны.

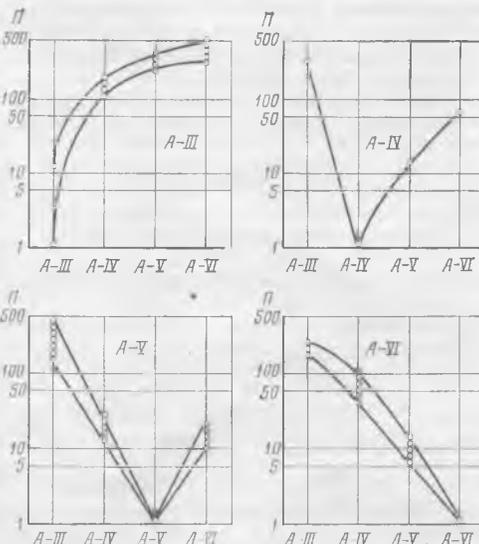
Минимальная разность между показаниями прибора, снятыми при положении переключателя, соответствующем сбалансированному мосту, и при соседнем положении переключателя, определяет разрешающую способность прибора  $\Pi_{\text{мин}}$ .

На рисунке приведена зависимость показаний прибора от положения переключателя класса арматуры при сортировке образцов горячекатаной арматурной стали диаметром 12 мм классов от А-III до А-VI разных плавок (всего более 20 образцов). Каждый из графиков соответствует определенному классу исследуемого образца, размещенного при измерениях в катушке преобразователя. Экспериментальные точки, полученные при фиксированном положении переключателя, иллюстрируют разброс электромагнитных свойств образцов одного и того же класса. Кривые проведены на границах зоны разброса. Разброс этих свойств внутри класса не превышает их различия между соседними классами. Разрешающая способность прибора для классов А-III, А-IV, А-V и А-VI составила соответственно 84, 16, 10 и 8, что обеспечивает надежную сортировку арматурных стержней.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности неразрушающего метода для сортировки горячекатаных арматурных стержней по классам и целесообразности разработки портативного прибора для его реализации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорофеев А. Л. Индукционная структурокопия. М., Энергия, 1973.
2. Герасимов В. Г., Останин Ю. А., Покровский А. Д. и др. — Неразрушающий контроль качества изделий электромагнитными методами. М., Энергия, 1978.
3. Кузнецов И. А., Михеев М. Н. Электромагнитные методы контроля изделий из конструкционных сталей. — В кн.: Об электромагнитных методах контроля качества изделий. Вып. 24. Свердловск, Средне-Уральское книжное изд-во, 1965.
4. Морозова В. М., Михеев М. Н. Магнитные и электрические свойства сталей после различных термических обработок. — В кн.: Об электромагнитных методах контроля качества изделий. Вып. 24. Свердловск, Средне-Уральское книжное изд-во, 1965.



Зависимость показаний прибора от положения переключателя класса арматуры

## Особенности арматурных работ на строительстве Костомукшского ГОКа

Костомукшский горно-обогатительный комбинат (ГОК) предназначен для обогащения железной руды и производства окатышей, применяемых при бездоменной выплавке сталей. Продукция ГОКа будет поставляться в Финляндию и Советский Союз.

Костомукшский ГОК возводится в три очереди — первая в 1977—1982 гг., вторая в 1982—1984 г., третья в 1984—1985 гг. — при ориентировочном объеме арматурных работ соответственно 11 200, 3500 и 3000 т. Строительство объектов Костомукшского ГОКа и жилого поселка выполняет акционерное общество Финн-строй с субподрядными организациями. Генеральными проектировщиками являются Гипроруда и Ленпромстройпроект. Строительное проектирование осуществляет финская фирма.

На строительстве широко применяют монолитные железобетонные конструкции: фундаменты под здания и оборудование, ростверки, стены подвалов, многоярусные этажерки и несущие рамы зданий, кабельные тоннели и бункера, высотные дымовые трубы и т. д.

Пространственные арматурные каркасы колонн корпуса обогащения выполнены вязкой из отдельных стержней, россыпью. Стыки каркасов на отметках 208; 233,51 и 231,55 выполняют при помощи нахлестки рабочих стержней по отечественным нормам. Большое число стержней имеют сложную конфигурацию, в том числе отогнутые стержни, хомуты и т. д. и отличаются большой насыщенностью металлом.

Товарные арматурные сетки массового применения, изготовленные на контактно-сварочных машинах, и стержневую арматурную сталь поставляют из Финляндии автотранспортом. Их характеристики приведены в таблице. Объем таких сеток

Диаметр стержней, мм	Шаг стержней, мм	Размеры сеток, мм
8/5*	200/200**	4000×2800
8/5	200/200	6000×1800
8/5	200/600	4100×1850
8/5	200/600	5300×1850
8/6	200/200	3650×3100
8/6	200/200	4000×3100
8/6	200/200	6000×3200
9/6	300/600	5000×2800
9/6	300/600	7000×2800
10/6	200/600	4500×2100
10/6	300/600	5000×2800
10/6	150/600	6000×2650
10/7	250/600	4050×3000
11/7	250/600	4000×2600
11/7	300/600	4000×2600
11/7	300/600	6150×2800
12/7	200/600	3650×2500
12/7	300/600	3650×3000
12/7	200/600	6150×2500

\* Перед чертой — для рабочих стержней, после черты — для распределительных.

\*\* Перед чертой — в рабочем направлении, после черты — в нерабочем.

на жилищном строительстве достигает 90% объема арматуры, на промышленном — 30—40% объема арматуры. Из Финляндии поставляют лишь плоские арматурные сетки и связки прямых арматурных стержней, заготовленные в соответствии с проектом и подобранные по позициям. Гнутые стержни, гнутые сетки, пространственные арматурные каркасы, а также арматурную сталь в бухтах, как правило, изготавливают на месте.

Применяют стали диаметром от 5 до 32 мм с пределом прочности 400, 300 и 220 МПа. Они аналогичны отечественным сталям классов А-III, А-II и А-I.

Вязаные пространственные арматурные каркасы и тяжелые сетки изготавливают на специальных арматурных площадках, размещенных вблизи крупных объектов, как правило, в зоне действия основных монтажных кранов. Арматурные площадки оборудованы электрическими ножницами, гибочными машинами, обычными приводными и ручными футурами и роликовыми столами, размещаемыми обычно в два ряда. Для вязки каркасов применяют специальное устройство (рис. 1), представляющее собой пространственную металлоконструкцию, к которой подвешивают собираемый арматурный каркас. При помощи несложных приспособлений, включающих в себя цепи со звездочками, собираемый вручную армокаркас можно перемещать в нужное положение и фиксировать с помощью храповика, входящего в контакт со звездочкой. Это обеспечивает удобное положение для арматурщиков (вязка происходит на уровне пояса) и создает благоприятные условия для повышения производительности труда.

Финские арматурщики выполняют вязку арматурных каркасов ручным инструментом (рис. 2), снабженным размещенным в рукоятке приводом, преобразующим поступательное перемещение рукоятки во вращательное движение крюка. При этом применяют вязальную проволоку длиной 300—350 мм, согну-

тую вдвое посередине. Проволоку для вязки конструкций поставляют из Финляндии в пачках массой до 2 кг. Длина проволоки в пачке принята одинаковой и равна 300—350 мм.

С помощью таких устройств и приспособлений, а также ручного инструмента производительность труда повышается в 4—5 раз по сравнению с традиционной вязкой каркасов арматурными кусачками и обычными крюками.

Укрупнительная сборка арматурных конструкций осуществляется посредством вязки, без сварки и применяется только для каркасов тяжелых колонн и элементов рамных конструкций, фундаментов под крупное оборудование и кабельных тоннелей. Арматурные сетки и стержни в рабочем и нерабочем направлениях стыкуют по действующим СНиП на проектирование железобетонных конструкций. Объем применения вязаных арматурных конструкций на промышленных объектах достигает 70%, на объектах жилищного строительства — 10%.

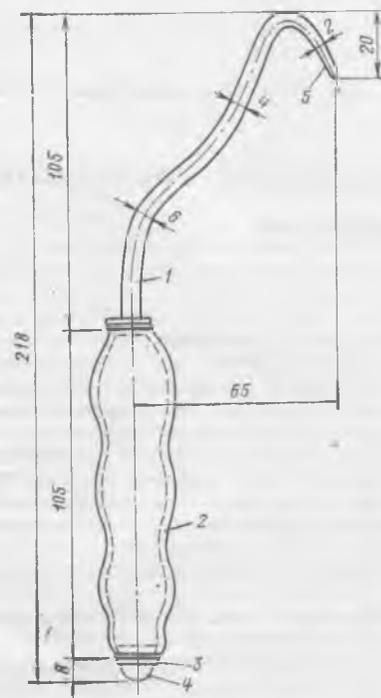


Рис. 2. Ручной инструмент для вязки арматурных конструкций

1 — гнутый стержень; 2 — пластмассовая рукоятка; 3 — шайба; 4 — головка; 5 — крюк

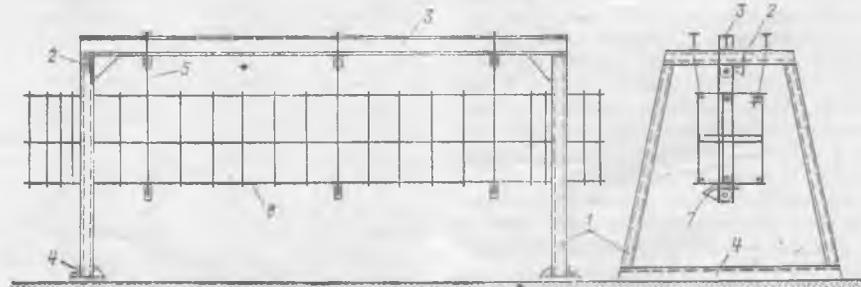


Рис. 1. Устройство для вязки арматурных каркасов

1 — опорная стойка; 2 — ригель; 3 — балка; 4 — распорка; 5 — цепь-подвеска; 6 — собираемый вязаный арматурный каркас; 7 — храповик

Для резки и гибки арматурных сеток и каркасов Финн-строй специальных машин не применяет. Иногда товарные сетки подрезают по месту ручными ножницами (типа саперных), которые используют также для образования в сетках различных отверстий и проемов. При установке арматурных каркасов в опалубку для обеспечения заданного защитного слоя бетона широко применяют пластмассовые, бетонные, металлические и другие фиксаторы.

На арматурных работах заняты 50 арматурщиков, 3—4 сварщика, 10 подсобных рабочих. В обязанности подсобных рабочих входят сбор и утилизация обрезков арматурной стали. Отходы древесины и других сгораемых материалов ежедневно собирают и сжигают в специ-

ально отведенном для этого месте.

Готовые арматурные изделия транспортируют к месту их монтажа монтажными кранами, автокранами, автотранспортом, устанавливая в проектное положение основными монтажными кранами, автокранами и другими монтажными средствами.

Товарные арматурные сетки, которые в основном складывают на территории арматурных площадок, поднимают тросами с устройством для перевода сетки из горизонтального положения в вертикальное. Для подъема крупноразмерных арматурных каркасов применяют траверсы из металлопроката. Сетки складывают штабелями строго по маркам. Каждая партия определенного типа сеток снабжена металлической биркой с указанием

изготовителя, даты изготовления, объема, номера сетки (марки), а также пластмассовой биркой, с указанием типа сетки, диаметра стержней, размеров ячейки, длины и ширины сетки, марки стали. Для защиты от атмосферных воздействий штабеля сеток, размещенные на открытых площадках, тщательно закрывают полимерными пленками или инвентарными брезентовыми накидками.

Положительный опыт финских строителей можно использовать в тех случаях, когда применение сварки при изготовлении арматурных конструкций затруднительно или невозможно, например из-за климатических условий, отсутствия необходимого сварочного оборудования, электроэнергии, несовместимости применяемых марок сталей и т. д.

УДК 693.554.002.5

В. В. ЧУДАКОВ, В. И. СИДОРКИН, инженеры (объединение Рязаньстрой);  
П. В. БОРОДИН, В. Е. ГОЛИКОВ, С. С. ВДОВИН, Б. Р. МИНКИН, инженеры  
(КТБ Стройиндустрия)

## Опыт внедрения нового оборудования для арматурно-сварочных работ

Рост выпуска сборного железобетона на предприятиях строительной индустрии и необходимость улучшения качественных показателей производства неразрывно связаны с совершенствованием арматурно-сварочных работ, поскольку они наиболее сложные и зачастую превращают трудоемкость всех остальных операций.

В объединении Рязаньстрой в 1977—1980 гг. разработано и внедрено арматурно-сварочное оборудование, позволяющее механизировать и автоматизировать процесс производства арматурных изделий и получить значительную экономию металла. За основу при этом приняты предложенные ЦНИИЭП жилища, ПИ-1 и НИИЖБ изделия с рациональным армированием. Для изготовления арматурной сетки с рациональным армированием по методу ЦНИИЭП жилища в КТБ стройиндустрия создана линия на базе сварочной машины АТМС-14Х75-1, экспериментальный образец которой был пущен в 1977 г. После ее дополнительной доводки КТБ стройиндустрия выпустило техническую документацию (шифр 559), в которой все узлы были отработаны в производственных условиях. С использованием этой документации были изготовлены питатели для линий на ЖБИ 6,9 в Москве, ДСК в г. Белая Церковь и на других предприятиях. В 1980 г. Рязанский РМЗ выпустил 10 питателей для предприятий Минпромстроя СССР. Годовой экономический эффект от ввода в промышленную эксплуатацию каждой линии составляет около 20 тыс. р., экономия металла — около 70 т.

В 1975 г. ПИ-1 предложена конструкция замкнутой монтажной петли серии 3.400-7, но ввиду нетехнологичности она не получила распространения. КТБ стройиндустрия с целью получения более технологичной петли, замыкающей стык из середины нижней стороны перенесли в один из нижних углов, что позволило создать специальный станок, впервые опробованный на Московском заводе ЖБИ-13. Приняв этот станок за аналог, в КТБ Стройиндустрия была разработана техническая документация (шифр 595), а Рязанским РМЗ изготовлены два опытных образца, на которых осуществлена доводка узлов и механизмов. Один из них работает на Рязанском ЖБИ-2, второй готовится к эксплуатации на заводе ЖБИ-3. В настоящее время на некоторых предприятиях Минпромстроя СССР, в том числе в объединениях Киевжелезобетон, Сумжелезобетон, Орловском управлении строительства и т. д., внедрены такие станки. В 1981 г. планируется централизованно производить такие станки (30 в год) на Омском РМЗ. Годовой экономический эффект от применения одного станка составляет в среднем 10 тыс. р., экономия металла — около 70 т.

Штампованные закладные детали, предложенные ЦНИИЭП жилища, применялись в Рязаньстрое с 1977 г. Рязанский РМЗ изготовил три комплекта штампов для других предприятий Минпромстроя СССР. На основании опыта эксплуатации штампов и новых разработок ЦНИИЭП жилища в настоящее время ведется корректировка технической

документации на производство нового комплекта штампов. При их промышленном внедрении столкнулись с такими трудностями, как недолговечность штампов, изготовленных в условиях РМЗ, поставка стальной полосы толщиной 4 мм, отсутствие прессового оборудования, фиксация закладных деталей при формовке и монтаж на стройплощадке.

Для расширения внедрения и эффективного использования высокопрочной стержневой арматуры организации Минпромстроя СССР в содружестве с НИИЖБ и КТБ Стройиндустрия в результате проведенных научно-исследовательских работ предложили принципиально новые технологию и оборудование (линия ДМ-2).

Все технологические операции по заготовке и натяжению арматурной стали классов Ат-V и Ат-VI объединены в одном станке-линии, где стержень арматуры автоматически выбирается из пакета, режется и натягивается на упоры форм.

Новая линия изготовлена и опробована в 1979 г. на Рязанском РМЗ, в настоящее время монтируется на заводе ЖБИ-2. Применение линии ДМ-2 позволяет сократить расход рабочей напрягаемой арматуры в плитах пустотного настила до 20%, снизить трозозатраты и сэкономить 0,52—1,57 р. на 1 м<sup>3</sup> железобетона. Она может использоваться на заводах с различными условиями производства при поточно-агрегатной технологии. Линия довольно проста, что позволяет изготавливать их на ремонтно-механических заводах строительных министерств.

## Назначение и применение марок плит покрытий промзданий

Ребристые плиты покрытий, применяемые для промышленного строительства, включают марки, рассчитанные на унифицированные нагрузки. Учитывая массовость применения плит, несоответствие между требуемыми и используемыми при строительстве марками приводит к значительному перерасходу цемента и стали.

На примере покрытий промзданий южной зоны страны были проанализированы объемы выпуска заводами ЖБИ ребристых плит под различные нагрузки; распределение потребностей в них под различные нагрузки (по данным проектов); обоснованность принятых проектных решений с корректировкой потребности в плитах; а также перерасход материалов и денежных средств, вызванный недостаточно обоснованным применением марок плит.

Для южной зоны СССР (I—II район снеговых отложений) диапазон возможных расчетных полезных (без учета собственной массы) нагрузок составляет 200—600 кгс/м<sup>2</sup>. Некоторые данные о нагрузках на плиты пролетами 6 и 12 м для зданий II района снеговых отложений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расположение плит	Коэффициент, учитывающий неравномерность снеговых отложений	Нагрузки, кгс/м <sup>2</sup>	
		w < 75%	w > 75%
Перепад высот	4	550	600
У фанаря	2—2,5	350—400	410—460
Рядовая	1—1,4	255—295	315—350
На фанаре	0,8	230	290

Рациональное проектирование предусматривает, что в местах перепадов высот не следует подвешивать оборудование к плитам и устанавливать крышные вентиляторы. В остальных плитах несущая способность (по отношению к максимальной рассматриваемой нагрузке) позволяет

Таблица 2

Нагрузка, кгс/м <sup>2</sup>	Объем, тыс. м <sup>3</sup> , выпуска плит размерами в м			
	1,5×6	3×6	1,5×12	3×12
300	4,6	26,8	1	—
400	70,7	92,7	—	59,7
500	382,9	583,6	—	300,4
600	210,6	613,3	2,5	393,1
700	397,4	123,6	—	122,2
800	294,2	5,2	—	115,4
900—1200	84,8	11,1	93,3	11,1
1300—1500	26	—	22,4	12

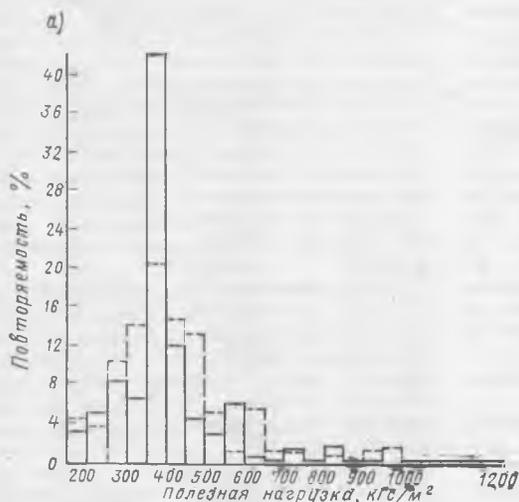
воспринять дополнительные нагрузки (вентиляторы, подвесное оборудование и т. д.).

В ходе анализа выделялись четыре группы плит — в соответствии с габаритными схемами: 1,5×6; 3×6; 1,5×12 и 3×12 м. В пределах указанных групп суммировали объемы (площади) плит одинаковой несущей способности. Расчетные нагрузки на плиты уменьшались на значение нагрузки от собственной массы. В дальнейшем объемы применения плит с одинаковой полезной нагрузкой суммировали. Объем, усредненный по годам, принят равным 100%. Объем применения плит с полезной несущей способностью в заданном интервале (50 кгс/м<sup>2</sup>) принимали как долю общего объема.

В НИИСКе совместно с Киевским Промстройпроектом проанализированы проектные решения 42 объектов одноэтажных промзданий, предназначенных для строительства в южной зоне страны, в городах УССР, БССР и МолдССР. Объекты строительства относятся к десяти отраслям промышленности (машиностроение, легкая и пищевая промышленность, приборостроение и др.). Типы покрытий достаточно разнообразны: малоуклонные, скатные, бесфанарные и с фанарями (зенитными или светоаэрационными). Сетка колонн зданий 12 (18, 24)×12 и 6(12, 18, 24)×6 м.

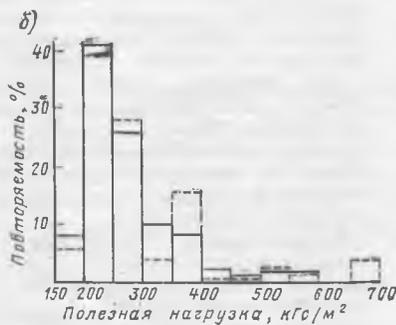
Сведения о номенклатуре изготовляемых плит получены в результате изучения заявочных ведомостей на железобетонные конструкции в объединениях УССР. Использованы сведения за 1975—1977 гг. по объединениям Укртяжстройиндустрия Минтяжстроя УССР, Укрпромжелезобетон Минпромстроя УССР, а также по Броварскому и Львовскому ЗСК. В табл. 2 приведены сведения об объеме изготовляемых плит. Объем анализируемой выборки составляет около 85% общего числа железобетонных плит, изготовляемых в УССР.

По результатам проведенного анализа были построены четыре гистограммы распределения нагрузок (см. рисунок). Заводская гистограмма смещена вправо — в сторону высоких нагрузок (так,



Гистограммы распределения нагрузок

по результатам анализа заводов-изготовителей (З) — — — и по данным проектных решений (ПР) — — — (а); по данным корректировки проектных решений (ПРС) — — — и действительные нагрузки (ТР) — — — (б)



в диапазоне полезных нагрузок 200—600 кгс/м<sup>2</sup> находится 71% всего объема плит, до 300 кгс/м<sup>2</sup> — 17,4%, а в диапазоне 600—1300 кгс/м<sup>2</sup> — 11,6%. Проектная гистограмма имеет уменьшенную долю плит под полезные нагрузки свыше 550 кгс/м<sup>2</sup>, «пик» нагрузок смещен влево. Так, в диапазоне до 400 кгс/м<sup>2</sup> расположено 64,8% общего объема, причем 42% в интервале 350—400 кгс/м<sup>2</sup>. Диапазон до 600 кгс/м<sup>2</sup> охватывает 95,08%; диапазон 600—1150 кгс/м<sup>2</sup> — 4,92% общего объема. В скорректированной гистограмме ПРС наиболее часто встречающиеся нагрузки смещены на три интервала влево и соответствуют диапазону 200—250 кгс/м<sup>2</sup> вместо 350—400 кгс/м<sup>2</sup>; доля этих нагрузок составляет 38,2%.

Завышение несущей способности изготавливаемых плит по сравнению с заявленными вызвано в основном несоответствием имеющегося парка форм типу действующих серий, большой долей (37,7%) плит шириной 1,5 м, унифицированных под более высокие нагрузки, чем плиты шириной 3 м. В некоторых случаях конструкции поставляются заводами со склада, и при отсутствии соответствующих проекту отпускаются конструкции более высокой несущей способности. Таким образом, выборка 3 наиболее удалена от действительной картины распределения, так как в ней учтены все несовершенства проектирования и изготовления конструкций.

Анализ проектных решений показал, что завышение марок плит по сравнению

с требуемыми вызвано применением устаревших серий, нерациональными техническими (технологическими) решениями, применением плит размерами 1,5×6 и 1,5×12 м.

Для средневзвешенной плиты выборки 3 и ПРС было проведено сопоставление технико-экономических показателей. В обоих вариантах применяли плиты размером 3×6 м, армированные напряженной арматурой класса А-IV (серия 1.465-7); проценты повторяемости были приняты по гистограммам (см. рисунок). В перерасчете на 1 м<sup>2</sup> плиты перерасход денежных средств составил 6% (0,2 р.), стали — 13% (0,7 кг/м<sup>2</sup>), или при годовом объеме применения плит в УССР 6 млн. м<sup>2</sup> — 1,2 млн. р. и 4,2 тыс. т стали.

Если учесть, что в зданиях пролетом 6 м применяют до 40% неэкономичных плит шириной 1,5, то действительный перерасход материалов превышает вычисленный (исходя из условий применения плит шириной 3 м).

Полученную гистограмму распределения потребностей в нагрузках ТР использовали в качестве исходной информации при оценке экономичности решений серий плит размером 3×6 и 3×12 м для южной зоны СССР. При этом использовали методику [1, 2] и комплекс программ для оптимального проектирования унифицированных серий ребристых железобетонных плит.

Выполненные работы показали, что для южной зоны серия плит размером 3×12 м 1.465-3 тип I по параметрам

близка к оптимальной. Для плит пролетом 6 м оптимально запроектированная серия по параметрам близка к серии зональных плит [3], опалубочные размеры которой аналогичны серии 1.865-4. По сравнению с серией покрытий промышленных зданий 1.465-7 можно сэкономить до 20% цемента и 8% денежных средств при незначительном (2%) перерасходе стали [2].

#### Выводы

Во многих случаях в практике строительства несущую способность применяемых плит завышают по сравнению с требуемой проектами. Это приводит к неоправданному перерасходу материалов и денежных средств.

Данные о распределении потребностей в плитах для южной зоны СССР можно использовать для оптимального проектирования серий плит. Результаты опытного проектирования плит с применением программ оптимизации показали, что параметры плит пролетом 12 м серии 1.465-3, тип I, близки к оптимальным. Для пролета 6 м в южной зоне целесообразно применять плиты, изготовленные в оснастке серии 1.865-4.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по расчету и проектированию железобетонных плит с учетом их оптимизации по стоимости. Киев, НИИСК, 1975.
2. Янкевич М. А., Маркус Я. И. Оптимальное проектирование ребристых плит с учетом унификации. — Строительная механика и расчет сооружений, 1979, № 6.
3. Либерман А. Д., Нерсесов С. А. и др. Зональные плиты размером 3×6 м для покрытий промышленных зданий. — Промышленное строительство и инженерные сооружения, 1967, № 6.

УДК 691.327:666.973.2:666.64—492.3:620.191.33

И. П. ШУР, инж. (Уралпромстройинипроект);  
А. А. КУДРЯВЦЕВ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

## Трещиностойкость изгибаемых элементов из керамзитобетона низких марок

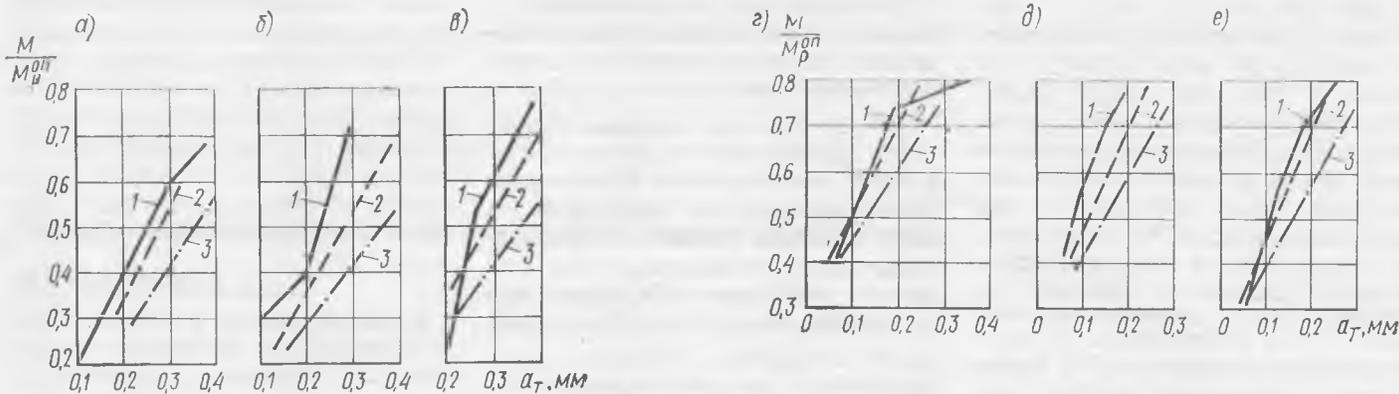
Керамзитобетон марок М 50—150 широко используется для изготовления навесных стеновых панелей, плит покрытий и перекрытий зданий, а марок М 100—150 — для преднапряженных конструкций стен и покрытий. Экономический эффект от применения керамзитобетона невысоких марок конструкций такого типа в настоящее время оценивается в 6—10 р/м<sup>3</sup>, несмотря на то, что стоимость легкого заполнителя близка к стоимости плотных заполнителей или несколько превышает ее. Трудоемкость изготовления таких конструкций невысока, они хорошо сочетают несущие и теплоизолирующие свойства. Следует, од-

нако, отметить, что экономичность керамзитобетонных конструкций может быть увеличена после внесения уточнений в расчет их трещиностойкости.

По указаниям СНиП II-21-75 и «Руководства по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из бетонов на пористых заполнителях», момент трещинообразования рекомендуется определять с учетом усадки бетона в возрасте 100 сут (для керамзитобетона на пористом песке, подвергнутого пропариванию,  $\varepsilon_{ус} = 22,5 \cdot 10^{-5}$ , для керамзитобетона естественного отвердения  $\varepsilon_{ус} = 32,5 \cdot 10^{-5}$ ). Расчет на образование и раскрытие трещин в керамзитобетонных элементах

низких марок рекомендуется производить по тем же формулам, что и для тяжелого бетона, но с увеличением полученного значения  $\sigma_T$  на 30%.

Для уточнения метода расчета образования и раскрытия трещин в изгибаемых керамзитобетонных элементах в Уралпромстройинипроекте были проведены опыты на образцах из керамзитобетона марок М 50—150 при кратковременном и длительном действии нагрузок. Балки длиной 300 см имели сечение 20×24 см. Их изготавливали из бетона, приготовленного на керамзитовом гравии и дробленом керамзитовом песке. Кубиковая прочность бетона варьировалась



Раскрытие трещин в ненапряженных железобетонных элементах в зависимости от нагрузки  $M/M_p^{op}$   
 а — балка Б-1-1/2,  $R=8,7$  МПа,  $F_a=2 \text{ } \varnothing 8$ ; б — балка Б-1-2/4,  $R=6,5$  МПа,  $F_a=2 \text{ } \varnothing 10$ ; в — балка Б-3-4/2,  $R=14,3$  МПа,  $F_a=2 \text{ } \varnothing 14$ ; г — балка БН-2/2,  $R=8,8$  МПа,  $F_{II}=2 \text{ } \varnothing 10$ ; д — балка БН-2-5/3,  $R=13$  МПа,  $F_{II}=2 \text{ } \varnothing 14$ ; е — балка БН-3-6/2,  $R=13,1$  МПа,  $F_{II}=2 \text{ } \varnothing 16$ ; 1 — по опыту; 2 — по СНиП 11-21-75 без 30%; 3 — то же, с увеличением на 30%

в пределах 6,5—14,5 МПа. В качестве рабочей арматуры применяли сталь диаметром 8—14 мм класса А-III. Поперечной арматурой служили хомуты из проволоки диаметром 4 мм класса В-1, расположенные с шагом 15 см. В зоне чистого изгиба хомуты отсутствовали.

Балки испытывали на изгиб двумя соседствующими силами, прикладываемыми в  $1/3$  пролета. Кратковременной нагрузкой было испытано 26 балок.

Длительно действующей нагрузкой балки испытывали в пружинных установках по схеме, аналогичной испытаниям кратковременной нагрузкой. Семь балок нагружали до достижения ширины раскрытия трещин 0,1—0,17 мм, а затем выдерживали в производственном помещении с влажностью воздуха  $65 \pm 5\%$  и температурой 15—18°C.

Во время испытаний образование нормальных трещин в балках без преднапряжения происходило на первых этапах загрузки. Особенно раннее появление трещин наблюдалось у балок, выдержанных менее 100 сут после их изготовления. Сопоставление опытных и теоретических значений момента трещинообразования показало, что их удовлетворительная сходимость наблюдалась лишь у образцов, у которых усадка бетона не превышала  $\epsilon_{yc} = 25 \cdot 10^{-5}$ . У образцов, испытывавшихся в возрасте более 100 сут и имевших усадку  $\epsilon_{yc} \geq 35 \cdot 10^{-5}$ , расчет по нормам завышает данные эксперимента. В связи с этим учет усадки при определении  $M_T$  необходим во всех случаях, при этом величину усадки керамзитобетона следует принимать в возрасте не менее года.

Определяющим фактором, влияющим на раскрытие трещин в балках, являлось напряжение в арматуре  $\sigma_a$ . Несмотря на различную прочность керамзитобетона в балках с одинаковой арматурой, ширина раскрытия трещин была примерно аналогична. Таким образом, марка керамзитобетона в пределах М 50—150 при прочих равных условиях не оказывает существенного влияния на раскрытие трещин.

Анализ позволил установить четкую закономерность уменьшения величины раскрытия трещин с возрастанием процента армирования за счет увеличения

числа стержней. Так, в балках с арматурой диаметром 10 мм с увеличением числа стержней с 2 до 6 раскрытие трещин при  $M = 0,55 M_p^{op}$  снизилось почти в 2 раза. Однако было отмечено, что при увеличении процента армирования за счет увеличения диаметра стержней имеет место рост ширины раскрытия трещин.

Влияние толщины защитного слоя на раскрытие трещин изучалось на балках с прочностью керамзитобетона  $R = 10,3$  МПа и арматурой диаметром 10 мм. Толщина защитного слоя принималась  $a = 3,5; 4,5; 5,5$  и 7 см. Установлено, что при одинаковом напряжении арматуры с увеличением толщины защитного слоя ширина раскрытия трещин на растянутой грани и в уровне арматуры возрастает. В опытах было отмечено, что с увеличением толщины защитного слоя в 2 раза раскрытие трещин также возросло в 2 раза.

Теоретическая оценка ширины раскрытия трещин производилась по методике СНиП II-21-75 по формуле

$$a_T = K C_g \eta \frac{\sigma_a}{E_a} 20 (3,5 - 100 \mu) \sqrt[3]{d}, \quad (1)$$

(без увеличения и с увеличением полученного значения  $a_T$  на 30%).

Результаты сопоставления опытных  $a_T^{op}$  и теоретических значений раскрытия трещин  $a_T^T$  в балках без преднапряжения приведены на рисунке. Формула норм (без увеличения на 30%) удовлетворительно оценивает раскрытие трещин керамзитобетона во всем диапазоне прочности от 6,5 до 14,5 МПа. Теоретические величины раскрытия трещин в большинстве случаев превосходили их опытные значения или близко соответствовали им. В связи с этим требованче СНиП II-21-75 (п. 4.14) об увеличении значения  $a_T^T$  на 30% не следует распространять на керамзитобетон. Это привело бы к значительному завышению ширины раскрытия трещин по сравнению с опытным их значением.

Влияние длительного действия нагрузки на ширину раскрытия трещин в фор-

муле (1) учитывается коэффициентом  $C_g = 1,5$ . В наших опытах балки находились под действием длительной нагрузки в течение 550 сут. Нарастание раскрытия трещин в балках продолжалось около 200 сут и возросло в среднем в 1,42 раза, затем положение стабилизировалось. Данные подтверждают правомерность коэффициента  $C_d = 1,5$  и для керамзитобетона низких марок.

Были испытаны также 3 серии балок (13 шт.) с преднапряженной арматурой диаметром 10, 14 и 16 мм класса А-IIIв. Прочность керамзитобетона к моменту отпуска арматуры в конструкциях составляла 6, 8 и 12,5 МПа. Начальное напряжение в арматуре принималось равным 500 МПа. После отпуска натяжения длина зоны анкеровки в балках составляла от 35 до 25 см.

Измеренные в опытах потери напряжения от усадки и ползучести керамзитобетона в возрасте 100 сут при относительном обжатии бетона около 0,5  $R_0$  находились в пределах 70—120 МПа, что в среднем в 1,6 раза ниже потерь, определенных по СНиП II-21-75.

Испытания преднапряженных балок на изгиб показали, что расчет их по раскрытию нормальных трещин по формуле СНиП II-21-75 дает удовлетворительную сходимость теоретических и опытных данных без увеличения  $a_T$  на 30% (см. рисунок), как этого требуют нормы.

### Выводы

Учет усадки бетона при расчете момента трещинообразования керамзитобетонных изгибаемых элементов во всех случаях необходим, при этом величину усадки следует принимать в возрасте не менее года. При расчете потерь напряжения от усадки и ползучести керамзитобетона марок М 100—150 по СНиП II-21-75 опытные данные превышают теоретические в среднем в 1,6 раза.

При пересмотре главы СНиП II-21-75 не следует распространять на керамзитобетонные элементы требования об увеличении теоретического значения раскрытия трещин в элементах из бетонов на пористых заполнителях низких марок на 30%.

на использовали рычажную установку на базе прибора МИИ-100, предназначенного для испытаний легкобетонных образцов-балочек размером 4×4×16 см на статический изгиб, с приводом для создания пульсирующих нагрузок (рис. 1). При этом 3 образца-близнеца из серии в 15—20 образцов испытывали на статический изгиб и вычисляли  $R_n$  по формуле

$$R_n = \frac{3Pl}{2bh}$$

После этого в специально изготовленное приспособление устанавливали образец и тарированный динамометр. Для опытов применяли динамометр с максимальным передающим условием 2 кН, позволяющий создавать требуемую нагрузку на образец, определяемую по отклонению стрелки индикатора часового типа. Распределительный шкив привода имеет отверстия, расположенные с шагом 1 мм по радиусу от центра (спираль Архимеда). Таким образом, посредством вращения распределительного шкива с внецентрично-прикрепленной к нему тягой создавались циклические динамические нагрузки на образец. Изменение частоты приложения нагрузки достигалось перестановкой приводного ремня и бесступенчатым регулятором оборотов электродвигателя постоянного тока. При обработке полученных результатов\*  $k_y$  рассматривали как переменную величину, зависящую от  $N$ ,  $\rho$  и  $\omega$ .

На рис. 2 представлены показатели

\* Каранфилов Т. С., Клепикова Н. Ф. Статистический анализ экспериментальных данных и определение расчетных сопротивлений бетона на выносливость. — В кн.: Прочность и деформативность бетона и специальных железобетонных конструкций. Под ред. Людовского И. Г. М., Стройиздат, 1972.

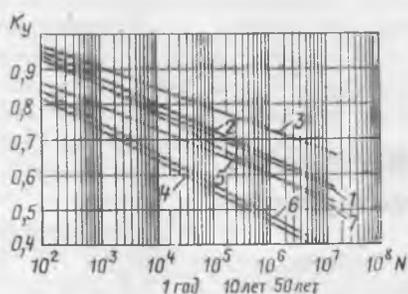


Рис. 2. Выносливость легкого бетона различных модификаций

1 — керамзитобетон на дробленом песке и портландцементе, ВУ=15 с; 2 — то же, на обжиговом песке, ВУ=15 с; 3 — то же, на обжиговом песке, ВУ=30 с; 4 — шлакопемзобетон на шлакопортландцементе, ВУ=15 с; 5 — керамзитобетон на обжиговом песке и шлакопортландцементе, ВУ=15 с; 6 — керамзитоперлитобетон на портландцементе и перлитовом песке,  $\gamma=75 \dots 100 \text{ кг/м}^3$ ; 7 — то же, на перлитовом песке,  $\gamma=300 \dots 400 \text{ кг/м}^3$

выносливости бетона различных модификаций при многократно повторяемых динамических воздействиях. При  $N=10^6$  циклов относительный предел выносливости легкого бетона находится в интервале  $0,46 \leq k_y \leq 0,719$ . Наибольшее значение  $k_y=0,719$  отмечается у керамзитобетона на обжиговом песке и портландцементе при виброукладываемости смеси 30 с, наименьшее — у керамзитоперлитобетона на легком перлитовом песке и шлакопемзобетона на шлакопортландцементе — 0,48 и 0,46. Выносливость керамзитобетона на дробленом песке ниже, чем на обжиговом, — 0,636 и 0,642. При прочих равных условиях выносливость керамзитобетона на шлакопортландцементе ниже, чем на портландцементе, — 0,592 и 0,642. При увеличении времени виброукладываемости с 15 до 30 с  $k_y$  керамзитобетона оди-

накового состава увеличивается на 12%. При практически равных значениях  $R_n$  выносливость керамзитобетона на легком перлите меньше, чем на утяжеленном, — 0,48 и 0,596.

Установлено отсутствие тесной корреляционной связи между  $k_y$  и  $R_n$ . Полученные данные о выносливости бетонов использовали при исследовании напряжений в ПОРП, лежащих на звукоизоляционном слое различной податливости. Расчет напряжений выполнили на ЭВМ М-222 по программе «Плита», причем для каждого вида звукоизоляционного слоя определяли коэффициент податливости  $k_n$  (модель Винклера). Напряжения от воздействия всех статических и динамических нагрузок на ПОРП находили при наиболее неблагоприятном их расположении

По ВСН 9-72 для керамзитобетона и керамзитоперлитобетона  $R_n=2 \text{ МПа}$ , а для шлакопемзобетона  $R_n=2,7 \text{ МПа}$ . Однако расчетами на ЭВМ установлено, что несущая способность ПОРП толщиной 4 см из легкого бетона практически исчерпывается при использовании звукоизоляционных материалов с  $k_n=0,003 \text{ МПа/см}$ . При этом подвижные нагрузки от ходьбы по краю и в углах создают относительную напряженность  $\sigma_{\text{макс}}/R_u, 0,49$ . Отсюда следует, что при  $N=10^6$  циклов требованиям по выносливости удовлетворяют все образцы, кроме керамзитоперлитобетона на легком перлитовом песке, а также шлакопемзобетона, которые имеют недостаточную выносливость при толщине панели 4 см.

## Выводы

Прочность при изгибе керамзитобетона и керамзитоперлитобетона плит основания отдельного пола должна быть к моменту восприятия эксплуатационных воздействий (статических и динамических) не менее 2,5 МПа при плотности в сухом состоянии не более 1200 кг/м<sup>3</sup>, шлакопемзобетона — не менее 3 МПа при плотности в сухом состоянии не более 1600 кг/м<sup>3</sup>. При меньших значениях следует применять звукоизоляционные материалы с коэффициентом податливости не ниже 0,001 МПа/см. При использовании звукоизоляционных материалов с  $0,008 < k_n < 0,01 \text{ МПа/см}$  и  $2 < R_n < 2,5 \text{ МПа}$  следует увеличивать толщину плиты основания пола до 5 см.

Предложенная испытательная установка проста по конструкции и удобна в эксплуатации. Она рекомендуется для контроля выносливости мелкозернистых бетонов конструкций, воспринимающих многократно повторные изгибающие эксплуатационные нагрузки.

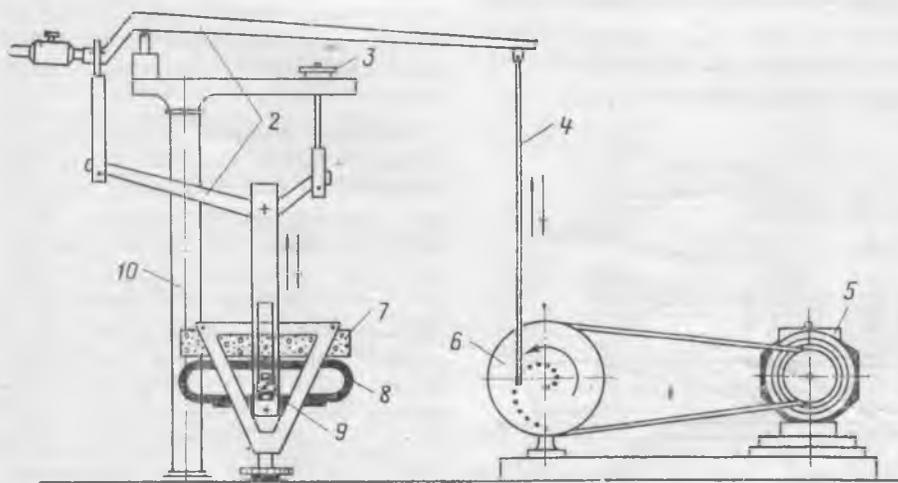


Рис. 1. Установка для испытания образцов-балочек на выносливость при изгибе

1 — противовес; 2 — нагружающие рычаги; 3 — регулирующие винты для уточнения нагрузки на образец; 4 — тяга; 5 — электродвигатель; 6 — распределительный шкив; 7 — образец; 8 — динамометр типа ДСМ-1; 9 — индикатор часового типа; 10 — стойка

## Особенности работы сжатой арматуры в конструкциях из ячеистого бетона

Работа сжатой арматуры в конструкциях из ячеистых бетонов изучена недостаточно, поэтому во ВНИИСТРОМе в 1973—1980 гг. изучали работу арматуры в сжатой зоне бетона изгибаемых элементов в условиях чистого изгиба. Исследования проводили на армированных и неармированных призмах размером  $15 \times 15 \times 60$  см, испытанных на внецентренное сжатие по методике моделирования в призме напряженного и деформированного состояния, аналогичного возникающему в сжатой зоне изгибаемых балок в зоне чистого изгиба.

Для экспериментов использовали образцы из автоклавного ячеистого бетона марок М15—М75 ( $\gamma_c = 500 \dots 800$  кг/м<sup>3</sup>). 27 образцов призм были армированы каркасами с двумя сжатыми стержнями (рис. 1), 14 — не армированы.

В качестве сжатой арматуры служили стержни диаметром  $d = 6, 8, 10$  и  $12$  мм из арматуры классов А-I, А-II и В-I с пределом текучести (физическим или условным) 2400—5050 кгс/см<sup>2</sup>. В каркасах сжатые стержни дуговой сваркой соединяли с замкнутыми поперечными хомутами из арматуры класса В-I диаметром 4 мм. Шаг хомутов принимали равным 20, 30 и  $40d$  ( $12-40$  см).

Опыты проводили на специальной установке [1], позволявшей одновременно нагружать призму продольной сжимающей силой, расположенной в геометрическом центре сечения образца, и двумя равными изгибающими моментами разного знака, приложенными к концам призмы. В процессе испытаний продольные деформации одной грани образца, противоположной наиболее нагруженной, оставались равными нулю.

Во время опытов фиксировали средние и местные продольные деформации бетона и арматуры, местные поперечные деформации бетона и поперечные перемещения различных участков арматуры и сжатой грани бетона относительно нулевой грани. Особое внимание уделялось измерению перемещений участков сжатых стержней вместе с бетоном, которые выполняли индикаторами со специальными удлинителями, упиравшимися в арматурные стержни через отверстия диаметром 4 мм в защитном слое

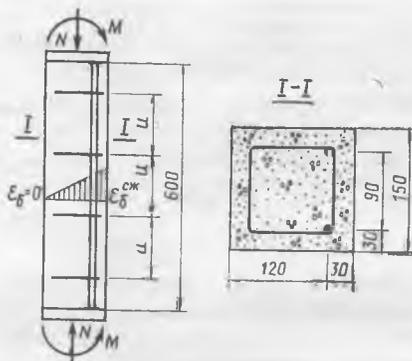


Рис. 1. Конструкция опытных образцов и схема их нагружения

бетона. Индикаторы были смонтированы на рамках. Одну сторону рамок приклеивали эпоксидным клеем к недеформированной (нулевой) грани призм.

Экспериментами установлено, что максимально возможная несущая способность бетона и арматуры в образцах недоиспользуется в среднем на 9,5% и лишь в одном случае на 27%. Эти результаты были получены сравнением фактических разрушающих нагрузок армированных призм  $N_p^a$  с соответствующей теоретической максимальной несущей способностью, равной сумме разрушающей нагрузки армированного образца-близнеца  $N_p^b$  и несущей способности арматуры при напряжениях в ней, равных пределу текучести  $F_a \sigma_t$ .

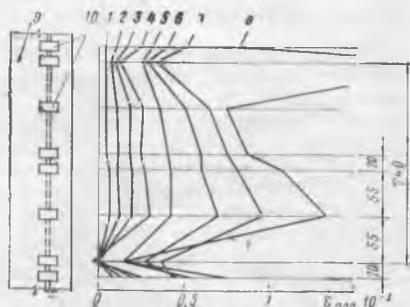


Рис. 2. Поперечные деформации бетона, измеренные напротив сжатого стержня  
1 — 0,14  $N_p$ ; 2 — 0,28  $N_p$ ; 3 — 0,41  $N_p$ ;  
4 — 0,54  $N_p$ ; 5 — 0,67  $N_p$ ; 6 — 0,81  $N_p$ ;  
7 — 0,9  $N_p$ ; 8 — 0,97  $N_p$ ; 9 — хомуты; 10 — тензорезисторы

Измерения различных параметров бетона и арматуры позволили установить, что в работе всей сжатой зоны наблюдаются довольно резкие качественные изменения при нагрузках, составляющих 50—70% разрушающей, и при деформациях арматуры, несколько меньших предела ее текучести. Это проявлялось в росте продольных деформаций бетона сжатой грани; нарушении равномерных и появлении максимальных местных деформаций по длине арматуры; ускоренном развитии поперечных деформаций бетона между хомутами; увеличении поперечного перемещения сжатых стержней в бетоне; ускоренном перемещении равнодействующей внутренних усилий в сторону нулевой грани. Явления, аналогичные указанным, наблюдались при испытаниях всех образцов, что давало возможность проведения обобщенного анализа результатов.

Оценка характера возмущений, возникающих в деформированном состоянии сжатой арматуры и бетона, позволила прийти к выводу, что причиной недоиспользования несущей способности арматуры и бетона является потеря устойчивости сжатыми стержнями в бетоне в результате местного нарушения их равновесия вблизи хомутов. Причиной нарушения равновесия сжатой арматуры является возникновение в ней неоднородных напряжений, вызванных искривлением арматуры под воздействием поперечного расширения сжатого бетона.

Измерение местных поперечных деформаций бетона показало, что на участках между хомутами бетон расширяется значительно интенсивнее, чем в местах расположения хомутов (рис. 2). Замерами поперечных перемещений арматуры установлено, что между хомутами перемещения сжатых стержней в сторону защитного слоя значительно больше, чем в местах, закрепленных хомутами (рис. 3). Очевидно, что различие перемещений участков арматуры по длине — свидетельство ее искривления, которое наблюдается уже на первых этапах нагружения.

Таким образом, было обнаружено, что бетон, окружающий сжатую арма-

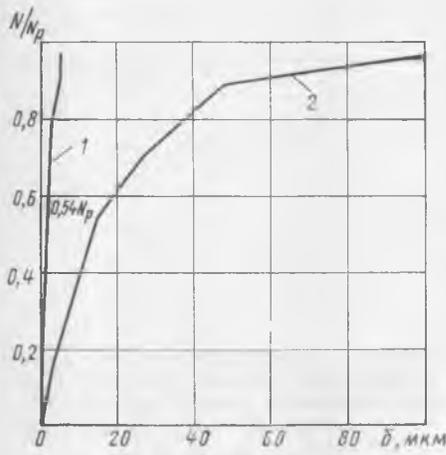


Рис. 3. Поперечное перемещение сжатого стержня в бетоне  
1 — в сечении с хомутом; 2 — между хомутами

туру, не препятствует ее искривлению, а наоборот, расширяясь при сжатии, вызывает изгиб. В результате этого в поперечных сечениях арматуры возникают такие же неоднородные напряжения, как при внецентренном сжатии.

Известно, что устойчивость внецентренно-сжатого стержня определяется равновесием между внешним изгибающим моментом, создаваемым действующей на него нагрузкой, и внутренним, возникающим в сечениях стержня, и в значительной степени зависит от упругопластических свойств стержня [3]. Очевидно, что нарушение равновесия в сжатой арматуре сначала происходит в местах, где изгибающий момент имеет максимальную величину и где раньше всего проявляются неупругие деформации арматуры. Нетрудно установить, что максимальных значений изгибающий момент в арматурных стержнях достигает напротив хомутов. Это объясняется тем, что характер нагружения арматуры поперечным давлением бетона (рис. 4) аналогичен отпору, действующему на неразрезную балку, лежащую на упругом основании и нагруженную сосредоточенными силами, расположенными по длине балки с шагом, соответствующим расстояниям между хомутами.

Также можно сделать еще важный вывод, что в определенном диапазоне расстояний между хомутами изменение расстояния не влияет на величину максимальных изгибающих моментов, возникающих в арматуре напротив хомутов. Экспериментами установлено, что изменение шага поперечных хомутов с 20 до  $40d$  сжатых стержней не влияет на их несущую способность [2].

С помощью графиков  $\sigma-\epsilon$ , построенных по результатам испытаний арматуры на растяжение, определили вели-

чины критических напряжений, соответствующих потери устойчивости сжатой арматурой. Средняя величина критических напряжений  $\delta_{кр}$  в арматуре для всех образцов составила  $0,91 \sigma_t$ , причем только в одном образце  $0,77 \sigma_t$ .

Анализ значений критических напряжений в сжатой арматуре в зависимости от различных факторов позволил установить, что они зависят от упругопластических свойств арматурной стали (диаграмма  $\sigma-\epsilon$ ), диаметра сжатых стержней и прочности бетона [2]. Меньшие значения критических напряжений соответствуют бетонам меньшей прочности и арматуре меньшего диаметра.

На основании полученных опытных значений критических напряжений в сжатой арматуре определили величины расчетных сопротивлений сжатой арматуры в ячеистом бетоне. Расчетные сопротивления сжатию для различных классов арматуры (А-I — А-III) предлагается находить путем умножения расчетных сопротивлений арматуры растяжению на коэффициент условий работы. Значения  $m_{a,c}$  следует принимать переменными в соответствии с табл. 1 в зависимости от диаметра арматуры и прочности бетона. При этом максимальное значение  $m_{a,c}$ , ограниченное величиной 0,9, учитывает влияние упругопластических свойств стали на несущую способность сжатой арматуры. Рекомендуемые значения коэффициентов  $m_{a,c}$  обеспечивают запас несущей способности сжатой арматуры, близко соответствующий величинам коэффициентов безопасности по арматуре, принятым в СНиП II-21-75 при расчете конструкций по предельным состояниям первой группы.

В табл. 2 приведены новые значения расчетных сопротивлений сжатию для стержней диаметром 10 мм в сравнении с расчетными сопротивлениями, приня-

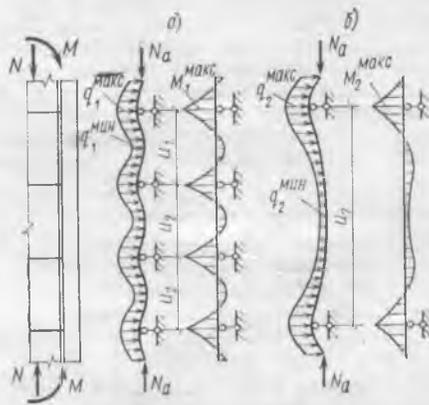


Рис. 4. Схема нагружения сжатой арматуры поперечным давлением бетона  
а — при частом расположении хомутов;  
б — при редком расположении хомутов

Таблица 1

Диаметр арматуры, мм	Марка бетона		
	15	25	35 и более
6	0,72	0,77	0,8
8	0,78	0,84	0,86
10 и более	0,82	0,87	0,9

Таблица 2

Класс арматуры	$R_{a,c}$ , кгс/см <sup>2</sup> , при марке бетона			
	15	25	35	50
А-I	1700*	1800	1900	1900
	2100	2100	2100	2100
А-II	2200	2300	2400	2400
	2200	2600	2700	2700
А-III	2800	2900	3000	3000
	2200	2600	3000	3400

\* Над чертой — рекомендуемые значения; под чертой — принятые в СНиП II-21-75 для изгибаемых конструкций.

тыми в СНиП. Из табл. 2 видно, что рекомендуемые значения расчетных сопротивлений сжатой арматуры в некоторых случаях выше нормированных (для арматуры класса А-III), а иногда ниже, что необходимо для повышения надежности конструкций из ячеистого бетона с расчетной сжатой арматурой.

#### Выводы

Несущая способность сжатой арматуры в ячеистом бетоне определяется ее разрушением вследствие местной потери устойчивости вблизи хомутов в результате изгиба стержней под действием поперечного расширения сжатого бетона. При этом величина критических напряжений, при которых арматура теряет устойчивость, в среднем составляет 0,9 предела текучести (физического или условного).

На основе результатов испытаний разработаны новые величины расчетных сопротивлений арматуры сжатию, применение которых позволяет повысить надежность конструкций, имеющих расчетную сжатую арматуру, а также снизить расход стали класса А-III в конструкциях из бетонов марок М 15 и М 25.

Увеличение максимального шага поперечных хомутов, раскрепляющих сжатые стержни, с 20 до  $40d$  даст возможность сократить расход стали на конструктивную арматуру.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муромский К. П., Коковин О. А., Медин С. М. Установка для моделирования сжатой зоны изгибаемых элементов. — В сб. трудов ВНИИСТРОМа 28 [56], 1975.
2. Муромский К. П., Коковин О. А. Работа сжатой арматуры в ячеистом бетоне. — В сб. трудов ВНИИСТРОМа 36 [64], 1977.
3. Блейх Ф. Устойчивость металлических конструкций. М., Изд-во физ.-мат. лит., 1959.

И. В. КРАВЧЕНКО, д-р техн. наук; Т. В. КУЗНЕЦОВА, канд. техн. наук;  
Л. Л. АСТАНСКИЙ, инж. (НИИЦемент);  
В. А. ХАРЛАМОВ, канд. техн. наук (ВНИИЖелезобетон);  
А. В. БРУСИЛОВ, канд. техн. наук (ЦНИИЭП жилища)

## Быстротвердеющий цемент — бесалит

Бетон на портландцементе, твердеющий в нормальных условиях, достигает проектной (марочной) прочности через 28 сут. Ускорение его твердения с помощью тепловлажностной обработки связано с большими дополнительными затратами — до 70% времени всего производственного цикла, 10—35% производственных площадей, 50—80% всех металлических форм.

В НИИЦементе разработано новое вяжущее — бесалит, скорость твердения которого на два порядка выше, чем портландцемента [1]\*. Известно, что прочность цементного камня характеризуется структурой гидратных новообразований и скоростью становления этой структуры определяет скорость нарастания прочности цемента. Первоначальная прочность цементного камня зависит от скорости возникновения и обрастания кристаллического сростка, на дальнейшее ее увеличение влияет гелеобразная часть гидратных новообразований [2]. При создании бесалита была поставлена задача уже в первые часы после затвердения цемента водой и начала гидратации получить быстрорастущий кристаллический сросток, способный обеспечить высокую прочность цементного камня.

Кристаллы гидросульфалоюмината кальция создают быстроплотняющиеся волокнистые структуры (рис. 1). В последующие сроки твердения (до 28 сут и далее) свою долю в становлении прочности должны внести гидросиликаты кальция. Поскольку прочный и устойчивый сросток гидросульфалоюмината кальция создается только при сравнительно низких концентрациях СаО в жидкой фазе, источник гидросиликатов кальция — двухкальциевый силикат (белит).

Так определился минералогический состав бесалита, состоящего в основном из сульфалоюмината кальция, низкоосновных алюминатов кальция и двухкальциевого силиката. Характеристика двух опытно-промышленных партий бесалита с  $V/C=0,4$  приведена в табл. 1.

Производство бесалита можно наладить на типовом оборудовании цементных заводов. Организация его изготовления наиболее целесообразна в первую очередь на заводах ПО Михайловцемент на базе зол подмосковных углей, которые в настоящее время загрязняют окружающую среду и занимают значительную площадь. Выпуск опытно-промышленных партий бесалита на Подольском и Сухожолжском цементных заводах под-



Рис. 1. Затвердевший камень цемента бесалит (×10 000)

твердил экономическую эффективность организации его производства и позволил провести промышленное опробование его свойств на заводе ЖБИ.

Предварительно во ВНИИЖелезобетоне исследовали технологические и физико-механические свойства бетонных смесей и бетонов на основе цемента бесалит с целью применения этого вяжущего для беспропарочной технологии изготовления железобетонных изделий. Были использованы партии бесалита марок М300, М400, М500, М600 с нормальной густотой цементного теста 29—37% и сроками схватывания: начало 15—30 мин, конец 20—40 мин. Крупный заполнитель бетона — гранитный щебень марки М1200, фракции 5—20 мм, расход крупного заполнителя для всех серий образцов был принят равным 1230 кг/м<sup>3</sup> при коэффициенте раздвижки зерен  $\alpha=1,5$ . Мелким заполнителем служил кварцевый песок Академического карьера с  $M_{кр}=2,21$ . Расход песка изменялся в зависимости от расхода цемента и воды. Расходы бесалита были приняты наиболее часто встречающиеся на заводах сборного железобетона для бетонов средних и высоких марок — 250, 300, 400, 500, 600 кг/м<sup>3</sup>. Величины  $C/V$  были выбраны также наиболее распространенные в ус-

ловиях производства — 2,86; 2,5 и 2 (в некоторых случаях 0,6 и 0,7). Удобноукладываемость смесей была от О.К. = 6...8 см до  $J=40...60$  с (по ГОСТ 10181—76).

При испытаниях изучали динамику набора прочности бетоном в первые часы естественного твердения, марочную прочность бетона и прочность в длительные сроки (до года и более). Результаты исследования показали, что удобоукладываемость бетонной смеси на бесалите может быть различной — от литой смеси до высокожесткой. Характерной особенностью является быстрая потеря подвижности из-за коротких сроков схватывания бесалита, что обуславливает необходимость оперативного перемешивания, быстрой доставки к посту формирования, укладки и уплотнения смеси в формах. По истечении 2 ч после затвердения водой прочность бетона составляла 20—40% марочной; 6 ч — 50—60%; 12 ч — 70—80% и через сутки — 75—80%. Такая динамика роста прочности бетона дает возможность распалубивать железобетонные изделия с ненапрягаемой арматурой через 2—3 ч, а опускную прочность достигать через 12 ч естественного твердения. Марочная прочность бетона на бесалите, как и бетона на портландцементе, в основном зависит от  $C/V$  (рис. 2). Марка бесалита существенно влияет на прочность бетона как в ранние, так и в более поздние сроки.

Производственно-технологические испытания промышленных партий бесалита проведены на Владимирском заводе ЖБК, при этом изучали возможность использования традиционного оборудования (табл. 2).

Таблица 2

Нормальная густота, %	Сроки схватывания		Прочность, МПа, через				
	начало	конец	2 ч	6 ч	1 сут	3 сут	28 сут
29,5	0—15	0—20	14,9*	26,4	30,4	31,1	40,2
			3,95	4,96	5,46	5,88	5,71

\* Над чертой — при сжатии; под чертой — при изгибе.

Таблица 1

Тонкость помола на сите 008, %	Сроки схватывания, мин		Распылв конуса, мм	Предел прочности при сжатии, МПа, через				
	начало	конец		2 ч	6 ч	1 сут	7 сут	28 сут
6,8	0—10	0—15	108	12	20	40	41	57
6,7	0—20	0—30	105	15	30	43	50	56

\* А. с. № 689979. Сырьевая смесь для получения цементного клинкера. И. В. Кравченко, Т. В. Кузнецова, Л. Л. Астанский. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1978, № 37.

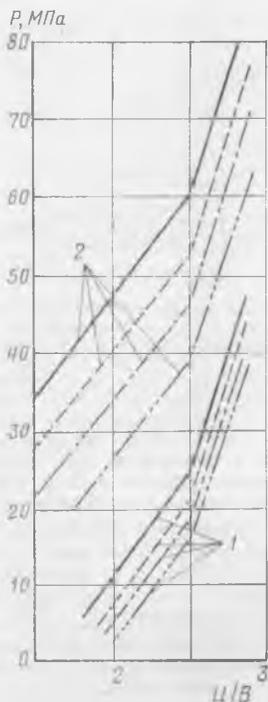


Рис. 2. Изменение прочности бетона на цементе бесалит в зависимости от цементно-водного отношения и марки цемента

1 — в возрасте 28 сут.; 2 — в возрасте 3 ч; — марка М600; - - - - - М500; ······ М300

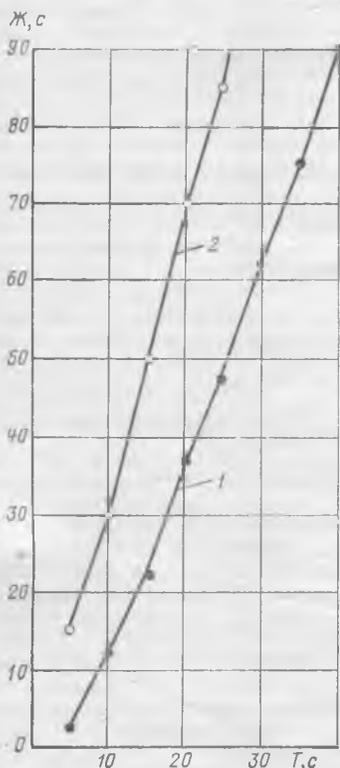


Рис. 3. Изменение жесткости бетонной смеси во времени

1 — дорожные плиты; 2 — настилы

на дорожных плит был принят такой же, как и на обычном портландцементе;  $O.K.=4$  см по ГОСТ 10181—76.

Изменение удобоукладываемости смеси определяли измерением ее жесткости через каждые 5 мин (рис 3). Бетонная смесь сохраняла способность плотно укладываться в форму с помощью вибрирования на стандартной виброплощадке в течение 40 мин после затворения водой, жесткость смеси к этому времени составляла 90 с. Дорожные плиты из бесалита распалубливали через 2,5 ч и отправляли на склад готовых изделий.

Расход составляющих бетонной смеси для изделий с напряженной арматурой скорректировали с целью ускорения набора прочности, т. е. получения передаточной прочности за 6—12 ч. Это достиглось повышением Ц/В с 2 до 2,4 при  $O.K.=2,3$  см (см. рис. 2):

Стеновые шунгзитобетонные панели на бесалите также изготавливали на заводской технологической линии. Состав шунгзитобетона: шунгзит— $M_{115}$  м<sup>3</sup>, бесалит—320 кг, вода—162 л. Через 3 ч естественного твердения панели распалубливали и отправляли на склад. Через 6 ч прочность шунгзитобетона составляла 80% марочной.

В настоящее время НИИЦементом разработаны оптимальные цены 1 т бесалита марок М300, М400 и М500—20,2; 23 и 26,6 р.

В ЦНИИЭП жилища выполнены предварительные технико-экономические расчеты эффективности применения бесалита в некоторых сборных железобетонных изделиях для наиболее распространенных технологий из условий получения равнопрочных и равноподвижных смесей и отказа от тепловой обработки. При этом учитывали нормативную продолжительность тепловой обработки, расход цемента для соответствующего производства и вида изделий, массу оборудования, затраты на агрегаты тепловой обработки [3]. Эффективность применения бесалита по приведенным затратам составляет 1,5—3 р. на 1 м<sup>3</sup> бетона в зависимости от способа производства, сборного железобетона и компоновочных решений. Учитывая, что средний расход пара по стране на заводах ЖБИ и КПД, по данным ВНИИЖелезобетона, 700 кг/м<sup>3</sup>, а в расчетах принят нормативный его расход (ВСН 513-79), то фактически отказ от тепловой обработки приведет к значительно большему эффекту. Немаловажное значение будет иметь повышение качества продукции и существенное улучшение условий труда.

### Выводы

Разработана технология получения и выпущены промышленные партии нового быстротвердеющего цемента бесалит марок М300—М600, обеспечивающего прочность через 2 ч твердения 15—25 МПа.

На первой стадии освоения возможно применение традиционного оборудования заводов ЖБИ при использовании бесалита с полным исключением тепло-влажностной обработки в случае благоприятной компоновки бетоносмесителя и формовочного поста.

Новые технологические циклы производства железобетонных изделий обуславливают необходимость создания оборудования, обеспечивающего максимальное сокращение времени на перемешива-

ние бетонной смеси, ее транспортировку к формовочному посту и укладку в формы.

Экономическая эффективность применения бесалита составляет 1,5—3 р/м<sup>3</sup> бетона.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быстротвердеющий сульфалоюминатно-белитовый цемент. И. В. Кравченко, В. А. Харламов, Т. В. Кузнецова, Л. Л. Астанский. — Цемент, 1979, № 5.
2. Кравченко И. В., Юдович В. Э., Власова М. Т. Пути увеличения выпуска высокопрочных и быстротвердеющих цементов. — Цемент, 1976, № 10.
3. Руководство по технико-экономической оценке способов формирования бетонных и железобетонных изделий. М., Стройиздат, 1978.

## Покрытия промзданий

Львовским филиалом Укрнистромпроекта совместно с НИИЖБ и Главпромстройиндустрией впервые в СССР разработаны конструкции и заводская технология плоских предварительно напряженных плит из керамзитоперлитобетона для покрытий отапливаемых промышленных зданий, эксплуатируемых при нормальном температурно-влажностном режиме (относительная влажность воздуха 50—60%, нормируемая величина температурного перепада 7°C, температура внутри помещения 16°C).

Они предназначены для применения в покрытиях фонарных и бесфонарных зданий, расположенных в I—II районах снеговой нагрузки, и выполняют одновременно теплозащитные и несущие функции.

Плиты размером 1,5×6 и 3×6 м в плане и толщиной 16 см запроектированы из керамзитоперлитобетона марки М100. Для приготовления бетона применяется керамзитовый гравий объемной насыпной массой до 500 кг/м<sup>3</sup> в соответствии с требованиями ГОСТ 9759-76. Мелким заполнителем служит вспученный перлитовый песок с модулем крупности 2—2,5 и объемной массой не менее 200 кг/м<sup>3</sup> с содержанием пылевидных частиц до 10% по ГОСТ 10832-74. Объемная масса бетона в сухом состоянии составляет 1000 кг/м<sup>3</sup>.

В качестве рабочей арматуры применяется сталь класса А-IV или А-III, упороченная вытяжкой.

Плиты изготавливаются по агрегатно-поточной технологии на линиях выпуска серийных ребристых плит покрытий в металлических силовых формах с электротермическим способом натяжения арматуры. Технология производства плит освоена Львовским заводостроительным комбинатом (ЗСК) и Калушским заводом ЖБИиК.

Плиты внедрены на Львовском ЗСК при строительстве базы Облснаббыта в пос. Дубляны Львовской обл. Замена типовых ребристых плит, утепляемых на объекте пенобетоном, керамзитоперлитобетонными конструкциями, позволила получить экономии в размере 1 р. 68 к. на 1 м<sup>2</sup> кровли «в деле». На конструкцию плит разработана проектная документация (альбом рабочих чертежей, шифр 2099—75).

Подробные сведения можно получить в НИИЖБ: 109389, Москва, 2-я Институтская, 6.

А. В. ВОЛЖЕНСКИЙ, д-р техн. наук, проф.;  
Т. А. КАРПОВА, инж. (МИСИ);  
В. Ф. АФАНАСЬЕВА, канд. техн. наук (Ростокинский з-д ЖБК);  
С. А. МИРОНОВ, д-р техн. наук, проф.; С. А. ВЫСОЦКИЙ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

## Кинетика твердения бетона на СБТЦ при разных температурах

В некоторых странах ведутся интенсивные поиски путей создания сверхбыстротвердеющих (СБТЦ) цементов для получения обычных бетонов марок М50—М150 и более через 2—12 ч твердения при нормальной температуре с последующим ее ростом к 1—3 сут.

Применение таких цементов позволит исключить термообработку при изготовлении железобетонных изделий на заводах, упростить и удешевить бетонные работы при отрицательных температурах, а также в летних условиях сухого жаркого климата, интенсифицировать методы возведения зданий и сооружений из монолитного бетона с применением переставных и скользящих опалубок.

Исследования по сверхбыстротвердеющим цементам наиболее успешно ведутся в НИИЦементе [1, 2]. В МИСИ разработаны состав и технология сверхбыстротвердеющего алюмосульфатно-шлакового цемента (АСШЦ)\*. Опытная партия такого цемента была изготовлена на Подольском заводе НИИЦементов совместным помолом в шаровой мельнице четырех исходных компонентов, взятых в следующем соотношении: глиноземистый цемент Пашийского завода М500—30%; альфа-полуводный гипс марки М250—30%; основной доменный гранулированный шлак—35%; портландцемент с активностью 450—5%. Полученный продукт при испытании по ГОСТ 310—76 имел тонкость помола 4900 см<sup>2</sup>/г, нормальную плотность—30%, начало и конец схватывания соответственно через 15—20-мин. Его активность по результатам испытанных образцов в возрасте 28 сут составила 520 кгс/см<sup>2</sup>. В качестве исходных материалов можно применять также кислые доменные шлаки и строительный полуводный гипс активностью не ниже 150 кгс/см<sup>2</sup> по ГОСТ 125—74. Сроки схватывания АСШЦ легко увеличить до 40—50 мин, добавляя с водой затворения обычные замедлители (клеезвестковый, кератиновый, буру и др.) в количестве 0,1—0,4% массы вяжущего.

На полученном цементе в НИИЖБ изучали твердение бетона при температурах от +45 до —15°C. Опыты проводили через 2 мес после изготовления цемента, что обусловило некоторое снижение его активности. Испытывали образцы размером 10×10×10 см из тяжелого бетона состава 1:1,81:2,72 (Ц:П:Щ) при В/Ц=0,47—0,5 с гранитным щебнем

крупностью до 2 см и кварцевым песком с  $M_{кр}=1,8$ . Расход цемента составлял 410 кг/м<sup>3</sup>, смесь с О.К.=6 см.

Одновременно из тех же материалов и одинакового состава для сравнения изготовляли образцы на портландцементе Белгородского завода марки М500. Осадка конуса из смеси на этом цементе несколько меньше (4 см), что обусловлено пониженным содержанием цементного теста по объему.

Бетон на АСШЦ отличается более высоким темпом твердения (табл. 1). В нормальных условиях уже через 4 ч достигается прочность при сжатии, достаточная для распалубки большинства изделий, а через 12 ч—прочность, с запасом гарантирующая их транспортирование. Бетон на белгородском портландцементе, в котором к этому времени только завершились процессы схватывания, имеет более низкие прочностные показатели. При повышении температуры до +40°C, характерной, в частности, для сухого жаркого климата, значительно ускоряется твердение бетона на опытном цементе. В этих условиях прочность, необходимая для транспортирования изделий, может быть достигнута менее чем за 4 ч с момента изготовления. Через 4—12 ч твердения прочность образцов достигает 30—40%  $R_{28}^H$ , что немного упрощает и удешевляет уход за бетоном.

Понижение температуры до +5°C не-

значительно снижает прочность бетона через 4 ч твердения по сравнению с прочностью, достигаемой в нормальных условиях. При хранении образцов на морозе в течение 4 ч прочность примерно такая же. Это обусловлено тем, что для бетона на АСШЦ и на белгородском цементе через 4 ч температура в центре образца составляет —1, —2°C, т. е. образец только начинает замерзать. За период охлаждения и последующего оттаивания при +20°C на воздухе в течение 4 ч бетон перед испытанием набирает прочность, близкую к прочности при нормальном твердении. Бетон на АСШЦ при +5°C в возрасте 28 сут практически набирает марочную прочность, а прочность бетона на белгородском цементе составляет 82%  $R_{28}^H$ .

При понижении температуры до —5°C вода в бетоне постепенно замерзает. Лыдность свежееуложенного цементного теста, по данным [3], в этих условиях составляет более 90%. При этом уменьшается скорость гидратации цемента. Так, степень гидратации алита в составе белгородского портландцемента при —5°C в возрасте 28 сут составляет лишь 7,6%. В этих условиях бетон на белгородском цементе набирает прочность не более 15%  $R_{28}^H$ , а бетон на АСШЦ замедленно продолжает ее набирать, достигая к 7-м и 28-м суткам соответственно 26 и 45% марочной. При понижении температуры до —15°C твердение бетонов замедляется и наблюдаются большие структурные нарушения при замораживании, в результате чего бетон на опытном цементе за 28 сут набирает лишь 17%  $R_{28}^H$ . Бетон на белгородском цементе к этому времени показал ничтожную прочность.

Специальными экспериментами определяли влияние предварительной выдержки бетона на АСШЦ при положительной температуре на последующий рост его прочности при отрицательной температуре. Из рисунка видно, что предварительное выдерживание бетона при +15—20°C позволяет достичь к 12 ч прочности 110 кгс/см<sup>2</sup>. При отрицательной температуре прочность нарастает в период снижения температуры образца до замерзания воды в бетоне примерно в течение 4 ч, а также при последующем нахождении образцов при —5°C от 1 до 28 сут. К 28-м суткам прочность составляет 220 кгс/см<sup>2</sup>. Образцы после 12 ч нормального хранения при —15°C почти не твердеют и к 28-м суткам имеют прочность около 150 кгс/см<sup>2</sup>.

Таблица 1

Температура твердения, °С	Предел прочности при сжатии образцов, кгс/см <sup>2</sup> , твердевших при +20°C, через					
	4 ч	12 ч	24 ч	3 сут	7 сут	28 сут
+20	44	108	164	250	396	495
	1,8	—	47	174	258	412
+40	156	204	265	331	382	500
	7,9	42	211	343	377	414
+5	40	76	110	205	310	475
	1	4,5	22	122	205	344
—5	48	67	59	86	129	255
	—	1,8	3,9	12	20	62
—15	44	56	37	43	46	85
	—	—	0,6	0,8	1,4	7

Примечания: 1. Над чертой — для образцов из АСШЦ, под чертой — для образцов из белгородского цемента марки М500.

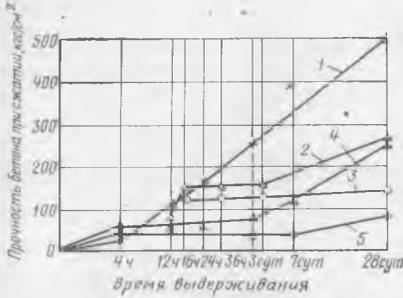
2. После формирования образцы немедленно помещали в среду с указанной температурой.

\* А. с. № 742403. Вяжущее. А. В. Волженский, Т. А. Борисенко. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1980, № 23.

Таблица 2

Состав бетонной смеси	Предел прочности при сжатии, кгс/см <sup>2</sup> , через				
	4 ч	1 сут	3 сут	7 сут	28 сут
Расход Ц=300 кг/м <sup>3</sup> ; 1:1,93:4,9; В/Ц=0,62; О. К.=4 см	35	135	195	225	275
Расход Ц=375 кг/м <sup>3</sup> ; 1:1,6:3,45; В/Ц=0,5; О. К.=4 см	45	165	235	355	490
Расход Ц=510 кг/м <sup>3</sup> ; 1:1,2:5; В/Ц=0,4; О. К.=4 см	85	255	400	500	560
Расход Ц=290 кг/м <sup>3</sup> ; 1:2,4:5; В/Ц=0,56; Ж=30 с	35	150	230	280	350
Расход Ц=370 кг/м <sup>3</sup> ; 1:1,75:3,7; В/Ц=0,47; Ж=30 с	65	220	350	405	460
Расход Ц=500 кг/м <sup>3</sup> ; 1:0,97:2,7; В/Ц=0,35; Ж=30 с	110	340	430	540	630
Расход Ц=500 кг/м <sup>3</sup> ; 1:0,9:2,55; В/Ц=0,47; О. К.=12 см	50	200	265	365	370

Главмосстрой определяли прочностные характеристики бетонов, изготовленных с расходом того же цемента от 290 до 510 кг/м<sup>3</sup> при О.К.=4—12 см и Ж=



Влияние длительности выдерживания образцов при температуре +20°C перед замораживанием на последующий рост прочности бетона при твердении

1 — в нормальных условиях; 2, 3 — соответственно при -5 и -15°C через 12 ч после выдерживания при +20°C; 4, 5 — соответственно при -5 и -15°C сразу после изготовления

Таким образом, предварительное выдерживание бетона на АСЩ при положительной температуре позволяет в короткие сроки (менее 24 ч) достичь критической прочности — 30—50% марочной. Выдерживание бетона при положительной температуре в течение 4 ч полезно при последующем его твердении при температуре не более -5°C. Однако этого недостаточно для сохранности бетона, если в последующем он будет подвергаться воздействию температуры до -15°C и более.

На Ростокинском заводе ЖБК ДСК-1

УДК 691.223:628.17

Т. С. ВОРОВОВА, В. А. САХАРОВА, инженеры  
(Сибирский филиал ВНИИГ)

## Влияние зернового состава песка на его водопотребность

При проектировании состава бетона количество воды, необходимое для обеспечения требуемой подвижности смеси, определяется и водопотребностью заполнителей. Водопотребность крупного заполнителя можно оценить по водопоглощению. Для песков такой подход неприменим. Водопотребность песка можно определить методом оценки водопотребности заполнителей непосредственным испытанием их в бетоне [1]. Однако при использовании песков, активно поглощающих воду, необходимо знать не только водопотребность, но и факторы, на нее влияющие, поскольку поглощение песком воды из затворенной бетонной смеси может привести к резкому уменьшению ее первоначальной подвижности. Между тем в гидротехническом строительстве нужно, чтобы бетонная смесь сохраняла требуемую подвижность достаточно про-

должительное время. При определении состава бетона на местных заполнителях для проектируемой Курейской ГЭС оказалось, что бетонные смеси быстро теряют подвижность.

В связи с этим рассматривали влияние зернового состава песка на его водопотребность и изменение подвижности растворной составляющей во времени. Песок на стандартных ситах рассеивали на фракции. На каждой фракции готовили растворы с соотношением Ц:П, равным 1:2 и 1:1. Расход воды по методике [1] подбирали так, чтобы исходная подвижность растворов была одинаковой и равной исходной подвижности цементного теста, соответствующей его нормальной густоте. Подвижность характеризовалась пластической прочностью, определяемой коническим пластомером. Через 5 мин после затворения она составляла (0,57—0,67)

=30 с. Опыты проводили на образцах размером 10×10×10 см, твердевших в нормальных условиях. Результаты испытаний (табл. 2) близки полученным в НИИЖБ.

### Выводы

Внедрение нового вида СБТЦ позволяет готовить бетонные изделия без термической обработки с расформовкой их через 4—8 ч нормального твердения. Близкие результаты по прочности бетонов и скорости твердения получаются и при замене высокопрочного гипса обычным строительным не ниже первого сорта. Изготовление предложенного цемента сводится к совместному помолу компонентов до удельной поверхности 4,5—5 тыс. см<sup>2</sup>/г (по ПСХ) в шаровых мельницах. При этом необходимо следить за качеством исходных материалов и точностью их дозирования. Свойства продукта определяются по ГОСТ 310.1—4—76.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кравченко И. В., Власова М. Т., Юдович Б. Э. Пути повышения начальной прочности цемента. Тезисы докладов на V Всесоюзном научно-техническом совещании по химии и технологии цемента, М., IX, 1978.
- Юдович Б. Э., Власова М. Т., Вовчок Г. И. и др. Особобыстротвердеющие цементы для сборного и монолитного железобетона. М., ЦИНИС, 1978.
- Мионов С. А. Гидратация и твердение цемента на морозе. Труды VI Международного конгресса по химии цемента. Т. II, кн. 1, М., Стройиздат, 1976.

10<sup>-2</sup> МПа. Водопотребность фракций песка  $V_i$  определяли по формуле:

$$V_i = \frac{(B/C)_p - (B/C)_ц}{n} 100\%$$

где  $(B/C)_ц$  —  $B/C$  цементного теста, соответствующее его нормальной густоте;  $(B/C)_p$  —  $B/C$  раствора, при котором его пластическая прочность равна пластической прочности цементного теста;  $n$  — мас.-ч песка, приходящиеся на мас.-ч цемента.

Размер фракции, мм	Водопотребность песка, %		
	курейского	березовского	аргазинского**
2,5—5	2,6*	4,1	7,1
	4,2	8,2	
1,25—2,5	3	5,3	7,4
	5,9	11,1	
0,63—1,25	6,3	7,1	7,7
	9,2	12,2	
0,315—0,63	11	9,6	7,7
	11,3	14,9	
0,14—0,315	11,6	14,3	14,4
	—	17,9	
0—0,14	29,2	24,5	22,3
	—	23,9	

\* Над чертой — Ц:П=1:1; под чертой — Ц:П=1:2.

\*\* Ц:П=1:1.

Исследования выполняли на портланд-цементе марки М 400 Красноярского цементного завода с нормальной густотой 0,27 и песках аргазинском (пойма р. Миасс), березовском (Березовское месторождение Красноярского края) и курейском (месторождение № 13 района строительства Курейской ГЭС) с  $M_{кр}$ , равным соответственно 2,58; 2,5; 3,08.

В таблице приведена водопотребность исследованных по фракциям песков, зависящая от состава растворов, поскольку начальным условием является одинаковая подвижность раствора и цементного теста. При соотношениях Ц:П, равных 1:1 и 1:2, требуемая подвижность для фракции крупнее 0,63 мм в первом случае будет достигнута при меньшем расходе воды из-за большей концентрации цементного теста.

Доля, вносимая каждой из фракций песка в его водопотребность, определяется зерновым составом песка. Из рис. 1 следует, что наибольший вклад (60—70%) вносят фракции 0,14—0,63 мм. При известных водопотребности фракций и зерновом составе песка его водопотребность можно определить по формуле

$$B_n = \sum_{i=1}^m B_i q_i,$$

где  $B_i$ ,  $q_i$  — соответственно водопотребность и процентное содержание  $i$ -й фракции;  $m$  — число фракций (при рассеве на стандартных ситах  $m=6$ ).

Этот метод применим и в производственных условиях. При изменении зернового состава песка в пределах одного месторождения водопотребность его можно оценить расчетным путем.

При определении водопотребности заполнителей, активно поглощающих воду,

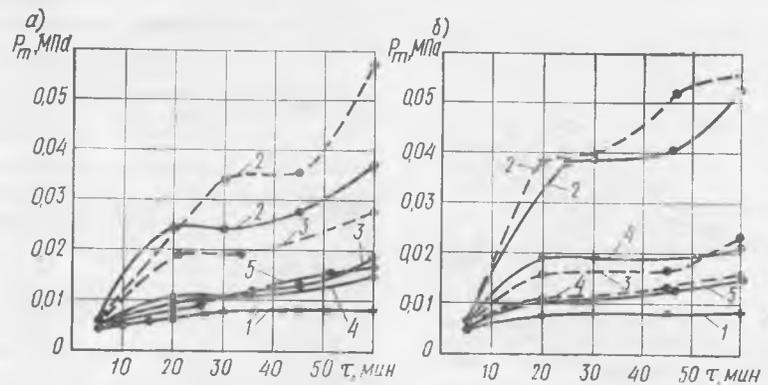


Рис. 2. Влияние размера фракций на рост пластической прочности раствора состава 1:2 (---) и 1:1 (—) на курейском (а) и березовском (б) песках  
1 — цементное тесто; фракции: 2 — 0,63—1,25 мм; 3 — 0,315—0,63 мм; 4 — 0,14—0,315 мм, 5 — 0—0,14 мм

рекомендуется сравнивать подвижность раствора и цементного теста не только непосредственно после затворения, но и через 30 мин. Если через 30 мин подвижность раствора окажется меньше, чем у цементного теста, к нему добавляют воду для получения равноподвижной смеси. Определенная таким способом водопотребность курейского песка (7,6%) существенно ниже, чем аргазинского (11,3%) или березовского (12%). Однако приготовленные на нем бетоны теряли подвижность значительно быстрее, чем имеющие ту же первоначальную подвижность бетоны на других песках.

Рассмотрена кинетика роста пластической прочности растворов на песках разных фракций. На рис. 2 приведены кривые нарастания во времени пластической прочности растворов на песках мелких фракций.

Пластическая прочность растворов на песках фракций 0,315 мм и меньше возрастает медленно и почти не отличается

от пластической прочности цементного теста. Пластическая прочность растворов на песках крупных фракций уже через 20 мин после затворения резко возрастает. Особенно это относится к растворам состава 1:2 на курейском песке фракций 2,5—5 и 1,25—2,5 мм. В этом случае прочность раствора через 20 мин превысила прочность цементного теста в 38,8 и 67,4 раза соответственно.

В курейском песке содержится до 40—45% фракций размером 1,25—5 мм, которые активно поглощают воду, что уменьшает подвижность бетонной смеси на этом песке.

Наблюдающийся для песка крупных фракций эффект пластификации растворов по [3] можно объяснить быстротекающим гидролизом вяжущего и образованием на поверхности зерен песка разжиженного геля, вследствие чего сглаживаются их острые грани.

#### Выводы

Водопотребность песка определяется водопотребностью составляющих его фракций и зерновым составом. Наибольший вклад в водопотребность песка вносят фракции меньше 0,63 мм.

Скорость нарастания пластической прочности растворов определяется содержанием фракций крупнее 0,63 мм. Для песков различных месторождений она значительно отличается.

Водопотребность песка, определяемая из условия получения равноподвижных смесей, зависит от концентрации цементного теста, т. е. от состава раствора. Знание водопотребности отдельных фракций позволяет при изменении гранулометрического состава песка в пределах одного месторождения расчетным путем оценить изменение его водопотребности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов Ю. М., Горчаков Г. И., Алимов Л. А., Воронин В. В. Получение бетона заданных свойств. М., Стройиздат, 1978.
2. Руководство по подбору составов тяжелого бетона. М., Стройиздат, 1979.
3. Стож Ю. Теория состава бетонной смеси. Л., Стройиздат, 1971.

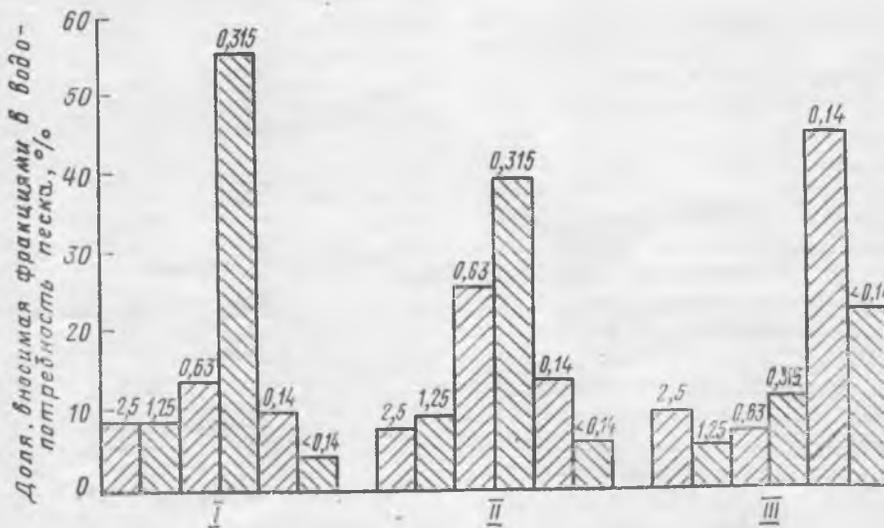


Рис. 1. Диаграмма распределения между фракциями курейского (I), аргазинского (II) и березовского (III) песков поглощаемой воды

## Бетон с использованием топливного шлака

Эффективным направлением использования отходов топливной промышленности — шлаков ТЭЦ — является применение их в качестве заполнителей бетонов марки М 200.

На Ярославской ТЭЦ-2 Моторного завода топливный шлак образуется из расплава минеральной части каменного угля, гранулируется, дробится и направляется в систему удаления. Внешне топливный шлак представляет собой куски зернистого материала черного цвета с неправильной формой частиц с острыми гранями. Размеры частиц — от 5 до 100 мм, они имеют стекловидную структуру и неравномерную пористость.

Оценка свойств шлаков Ярославской ТЭЦ-2 была проведена в соответствии с Рекомендациями по применению золы шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций в тяжелых бетонах и строительных растворах.

По соотношению окислов, определяющих свойства шлака ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), его можно отнести к кислым со слабовыраженной гидравлической активностью. Шлак практически не содержит компонентов, способных значительно ослабить защитные свойства бетона и придать ему агрессивность по отношению к стали.

Технические требования упомянутых рекомендаций допускают содержание в шлаке ТЭЦ не более 2% по массе сернистых и сернокислых соединений в пересчете на  $\text{SO}_3$ .

### Физико-механические характеристики шлака

Объемная масса по ГОСТ 310—60, кг/м <sup>3</sup>	1440
в куске	
насыпная по фракциям:	
5—10 мм	1210
10—20 »	1190
20—40 »	1230
5—40 »	1380
Плотность, г/см <sup>3</sup>	2,3
Водопоглощение, %	2,1

В качестве вяжущего бетона марки М 200 на крупном шлаковом заполнителе использован порландцемент марки М 400 Пикалевского завода объемной массой 1350 кг/м<sup>3</sup>, плотностью 3,1 г/см<sup>3</sup>, НГ цементного теста 27%. Мелким заполнителем служил песок речной объемной массой 1500 кг/м<sup>3</sup>, плотностью 2,62 г/см<sup>3</sup>.

Подвижность бетонной смеси — 2—3 см О.К., составы и характеристики шлакобетонов приведены в табл. 1. Прочность бетона при сжатии испытывалась на образцах-кубах со стороной 10 см. В табл. 1 показатели прочности даны в пересчете на стандартные кубы 15×15×15 см.

При подборе составов бетона было отмечено влияние пропаривания на рост прочности шлакобетона, а также сни-

Таблица 1

Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>			Режим твердения	Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа
цемент	песок	шлак фракции 5—20 мм			
290	510	1165	Пропаривание	2285	26,5
290	510	1165	Нормально-влажностное	2285	24,2
350	516	1090	То же	2350	25,5
350	440	1220*	То же	2287	22,7

\* Шлак фракции 5—40 мм.

жение его прочности с увеличением крупности зерен шлакового заполнителя.

На топливном шлаке Ярославской ТЭЦ-2 можно получить конструкционный бетон марок М 200—250, объемной массой, близкой к объемной массе тяжелого бетона, при расходах цемента, не превышающих требований СН 386-74.

Для исследования прочностных и деформативных свойств шлакобетона в лабораторных условиях были изготовлены образцы-призмы 10×10×40 см и кубы с ребром 10 см. Результаты определения кубиковой и призмной прочности бетона, начального модуля упругости, а также предельных относительных деформаций сжатия приведены в табл. 2. Коэффициент призмной прочности  $K_{пр}$  шлакобетона марок М 200—250 (0,73—0,75) хорошо согласуется с нормируемым для тяжелых бетонов по СНиП П-21-75.

Таблица 2

№ серии образцов	Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	$R_{куб}$ , МПа	$R_{пр}$ , МПа	$K_{пр}$	Модуль упругости $E_{0,2}$ , МПа	Предельные деформации сжатия $\epsilon_{пр}$
1	2320	19,7	14,7	0,75	$25 \cdot 10^3$	$144,4 \cdot 10^{-5}$
2	2370	28,4	21	0,73	$30,1 \cdot 10^3$	$139,5 \cdot 10^{-5}$

Начальный модуль упругости шлакобетона определяли по методике, рекомендованной НИИЖБ, — по сумме упруго-мгновенных деформаций образцов-призм в интервале уровня напряжений от 0,01  $N_{разр}$  до 0,2  $N_{разр}$ . Опытные значения модуля упругости в среднем на 0,9% выше модуля упругости тяжелого бетона соответствующих марок, нормированных СНиП П-21-75,

Предельные деформации сжатия шлакобетона, зафиксированные при испытании, в среднем равны  $141,95 \cdot 10^{-5}$ , что хорошо согласуется с данными об аналогичной характеристике тяжелого бетона в интервале (80—300)  $10^{-5}$ , а в среднем  $\epsilon_{сж пр} = 200 \cdot 10^{-5}$ .

Деформации усадки и ползучести шлакобетона наблюдались в течение года. По истечении этого времени усадка шлакобетона составила 0,28 мм/м. Для определения ползучести были приложены усилия обжатия, равные 0,25 и 0,5 от  $R_{пр}$ . Величина ползучести соответственно составила 0,35 и 0,66 мм/м. Таким образом, длительные деформации шлакобетона незначительно превышают таковые для тяжелых бетонов. Наиболее интенсивно усадка и ползучесть шлакобетона нарастает, как и следовало ожидать, в первые два месяца наблюдений — в это время она составила 45—55% конечных значений.

Лабораторные исследования позволили сделать вывод о том, что прочностные и деформативные свойства шлакобетона можно приравнять к свойствам тяжелого бетона на щебне из каменных пород. Была дана рекомендация использовать топливный шлак Ярославской ТЭЦ-2 в качестве заполнителя бетонов обычных железобетонных конструкций.

На участке подсобных предприятий СУ-1 треста Яرخимпромстрой было осуществлено опытно-промышленное изготовление шлакожелезобетонных балок длиной 3000 мм и сечением 300×150 мм. Конструкции армировали стержнями периодического профиля класса А-III, поперечной арматурой служила гладкая арматурная сталь класса А-I. Расчетная марка шлакобетона — М 200. Состав бетона (кг на 1 м<sup>3</sup> смеси); цемент марки М500 Вольского завода — 300, песок — 510, шлак — 1160,  $B/C = 0,45$ . Все технологические операции по изготовлению балок — дозирование составляющих, укладка и уплотнение смеси, твердение бетона, распалубка — не отличались от обычных операций заводской технологии.

Балки испытывали на прессе ПСУ-500 с помощью специальных опорных и нагрузочной траверс с передачей кратковременной нагрузки в третьих пролетах. Результаты испытаний опытных конструкций подтверждали, что топливный шлак можно использовать в качестве заполнителя бетона.

На Ярославской ТЭЦ-2 общий выход шлака составляет 35 тыс. т в год. Использование его в бетоне вместо природного камня будет способствовать утилизации отходов промышленности и позволит получить ежегодную экономию около 200 тыс. р.

## Влияние нефтепродуктов на прочность бетона

Известно, что бетон под воздействием минеральных масел значительно снижает прочность [1—3]. Механизм этого явления следующий. Поверхностно-активные вещества, содержащиеся почти во всех минеральных маслах, попадая в микродефекты бетона, вызывают адсорбционное понижение его прочности и, кроме того, оказывают расклинивающее воздействие, что в свою очередь также снижает прочность бетона. Установлено, что чем больше внутренних микродефектов пористого тела занято поверхностно-активными веществами, тем сильнее их воздействие [4].

Начиная с 1960 г. изучалось влияние нефтепродуктов на физико-механические свойства бетона и железобетона. При этом исследовали 10 марок минеральных масел, топливный мазут, дизельное топливо, керосин и бензин. В экспериментах использовали портландцементные бетоны различного состава, на разных видах цементов с широким диапазоном водоцементных отношений, на разных заполнителях.

Бетонные образцы пропитывали в открытых ваннах (в случае тяжелых нефтепродуктов) или в герметически закрытых емкостях (при работе с бензином, керосином и дизельным топливом) и выдерживали в них в течение нескольких лет. Нефтепродукты при этом обновляли каждый 0,5—1 год (в некоторых емкостях нефтепродукты не меняли).

Образцы испытывали на прочность перед пропиткой, затем половину оставшихся образцов подвергали пропитке и выдерживали длительное время, остальные оставляли в качестве контрольных. Испытания на прочность контрольных и пропитанных образцов проводили сначала через каждые 0,5 года, а затем через год.

В результате установлено, что легкие нефтепродукты (бензин и керосин) первоначальную прочность бетона в течение 6 лет не снизили. Дизельное топливо за это же время снизило прочность бетона незначительно. Минеральные масла (за исключением вазелинового) сильно уменьшили прочность бетона. На рис. 1 показано снижение прочности бетонов состава 1:2:4 с различными водоцементными отношениями при выдерживании их в индустриальном масле. При изготовлении образцов использован портландцемент Белгородского завода с пределом прочности 608 кгс/см<sup>2</sup>. В качестве крупного заполнителя служил известняковый щебень с наибольшей крупностью зерен 10 мм, мелкий заполнитель — москворецкий песок.

После формирования образцы находились в течение 4 мес в камере нормально-влажностного хранения. Затем их просушивали и помещали в нефтепродукты а также оставляли в качестве кон-

трольных. Испытаниям подвергали также и непросушенные образцы.

Как видно из рис. 1, прочность бетона при выдерживании его в масле индустриальном 20 снижалась медленно, но в конечном итоге потеря прочности составила 70% первоначальной. В начальные сроки после пропитки прочность бетона практически не уменьшалась (Потеря прочности наблюдалась только через 1—1,5 года при выдерживании образцов в масле. Затем снижение прочности продолжалось, и через несколько лет прочность стабилизировалась. При этом у бетонов с высокими водоцементными отношениями обнаружено большее снижение прочности.

Все марки минеральных масел (за исключением вазелинового) уменьшали прочность практически одинаково. Снижения прочности бетонных образцов, выдержанных в течение 6 лет в вазелиновом масле, не наблюдалось.

При проведении анализа всех использованных в экспериментах нефтепродуктов на содержание поверхностно-активных веществ (смол и присадок) установлено, что бензин, керосин и вазелиновое масло смол не содержат. В дизельном топливе обнаружено содержание незначительного количества смол, а в минеральных маслах содержание их доходило до 2%. Следовательно, прочность бетона уменьшалась только в тех нефтепродуктах которые имели в своем составе смолы, являющиеся поверхностно-активными веществами, способными снижать твердость и прочность пористых материалов [4].

Петрографические, рентгеноструктурные, электронно-микроскопические и термографические исследования бетонов, длительное время выдержанных в нефтепродуктах, наличия новообразований не

показали [5]. Следовательно, снижение прочности бетонов под воздействием некоторых видов нефтепродуктов вызвано не химическим воздействием их на составляющие бетона, а процессами физико-химической механики (адсорбционным понижением прочности бетона поверхностно-активными веществами и их расклинивающим действием). Медленное снижение прочности бетона, длительное время выдержанного в минеральных маслах, можно объяснить тем, что смолы, постепенно накапливаясь в микродефектах, уменьшают его прочность. Когда все микродефекты заполнены поверхностно-активными веществами (смолами), прочность бетона стабилизируется. При пропитке бетона маслом (без длительного выдерживания образцов в емкостях) снижения прочности не отмечалось. Так, часть образцов полностью пропитали минеральными маслами в течение 0,5 года, а затем 6 лет хранили в комнатных условиях. Периодическими испытаниями этих образцов установлено, что прочность не изменилась. Это явление объясняется тем, что при разовой пропитке бетона маслом смол в бетон попадает незначительное количество и оно не в состоянии заметно снизить прочность.

При воздействии на бетон обработанных минеральных масел происходит химическое взаимодействие между слабыми кислотами, содержащимися в них, и цементным камнем. В данном случае бетонные образцы полностью разрушились через 1,5 года [5].

В подтверждение того, что именно смолы вызывают снижение прочности бетонов, проделали следующий эксперимент. Бетонные образцы помещали в металлические кожухи так, что они служили фильтрами для минерального масла

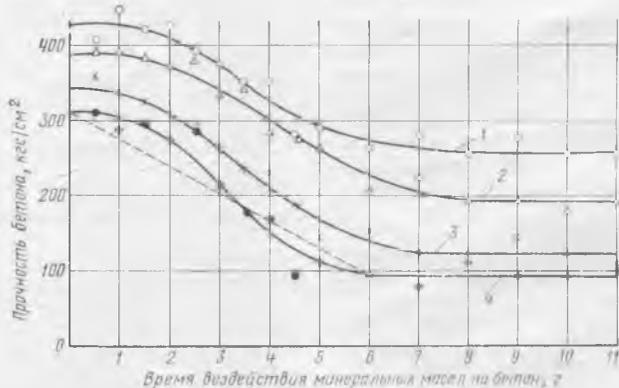


Рис. 1. Снижение прочности бетонов под воздействием минерального масла  
1 — В/Ц=0,4; 2 — В/Ц=0,5; 3 — В/Ц=0,6; 4 — В/Ц=0,7

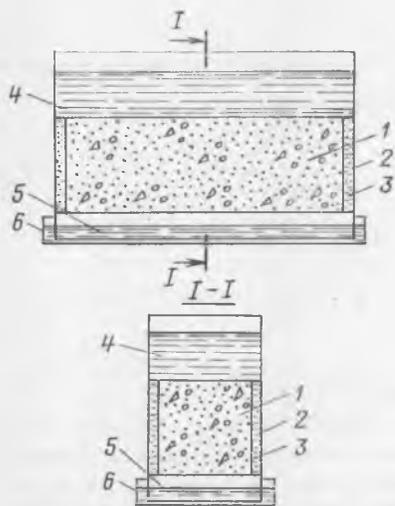


Рис. 2. Схематическое изображение получения фильтра минерального масла  
1 — бетонный образец размером 7×7×21 см; 2 — металлический короб; 3 — уплотнение на основе эпоксидной смолы; 4 — масло, заливаемое в короб; 5 — фильтр масла; 6 — поддон для сбора фильтра

(рис. 2). При этом производили анализы на смолосодержание как заливаемого в кожули масла, так и фильтра, просочившегося через бетонные образцы. Оказалось, что в фильтрате смол нет, т. е. все они были адсорбированы бетоном. В заливаемом же в кожули масле смол содержалось около 2%. В собранный фильтрат помещали бетонные образцы и длительное время выдерживали в нем. Снижения прочности у этих образцов не обнаружено. Следовательно, масляный фильтрат, из которого удалены все смолы, ведет себя по отношению к бетону как вазелиновое масло, т. е. прочность бетона не снижается.

Было также установлено, что наиболее отрицательно минеральные масла влияют на контактную зону растворной части бетона с крупным заполнителем, а также на контактную зону цементного камня и мелкого заполнителя, поэтому для изготовления бетонов, на которые в процессе эксплуатации возможно попадание минеральных масел, рекомендуется применять составы с повышенным содержанием цемента.

Большое снижение прочности бетона с высокими водоцементными отношениями при воздействии минеральных масел, по-видимому, можно объяснить тем, что такие бетоны имеют большое количество микродефектов по сравнению с бетонами такого же состава, но с низкими  $V/C$ . В связи со сказанным были проведены следующие исследования.

Часть образцов с  $V/C=0,4$  подвергли динамическим воздействиям на пульсаторном прессе при частоте циклов  $n=340..380$  в 1 мин. При этом некоторые образцы периодически испытывали на прочность. С увеличением числа циклов прочность бетона снижалась. Когда прочность этих образцов примерно стала равна прочности такого же бетона, но изготовленного с  $V/C=0,7$ , их поместили в минеральное масло, где и выдерживали длительное время. Испытания этих образцов показали, что снижение прочности происходит даже несколько интенсивнее по сравнению с бетонами, имеющими  $V/C=0,7$ . Результаты проведен-

ного опыта говорят о том, что снижение прочности бетона от воздействия минеральных масел зависит от структуры бетона, в первую очередь от числа микродефектов.

Кроме этого, проводили испытания на растяжение при изгибе, испытания призм и восьмерок на растяжение. Полученные данные показали, что длительное воздействие минеральных масел снижает прочность бетона примерно одинаково.

Для экстренного определения прочности промасленного бетона предлагается следующая формула:

$$R_t^M = R_0 (1 - 0,1 t), \quad (1)$$

где  $t$  — продолжительность воздействия минеральных масел на бетон, годы;  $R_0$  — первоначальная прочность бетона, кгс/см<sup>2</sup>; 0,1 — коэффициент, показывающий интенсивность снижения прочности во времени при обильном попадании масла на бетон.

Приведенную формулу можно применять в течение 7—8 лет после пропитки бетона маслами. В более продолжительные сроки воздействия масел на бетон прочность его ориентировочно следует считать равной  $1/3$  первоначальной. Использование формулы рекомендуется при обильном попадании масел на бетон и железобетон (постоянное просачивание масел через конструкции, скопление их на перекрытиях, частые проливы и т. п.).

При периодическом попадании масел на конструкции (1—2 раза в год) прочность промасленного бетона следует подсчитывать по формуле

$$R_t^M = R_0 (1 - 0,023 t). \quad (2)$$

Она справедлива при воздействии масел в течение 25—30 лет. В более продолжительные сроки прочность рекомендуется принимать равной  $1/3$  первоначальной.

При однократной пропитке бетона маслами или при очень редком попадании их на бетон (раз в 5—10 лет) можно считать, что прочность практически не снижается.

В выводах зависимостей (1) и (2) сделаны следующие допущения: снижение прочности бетона принято прямой линейной (на рис. 1 пунктирная линия); процесс снижения прочности бетона прекращается через 7 лет воздействия на него масел; прочность бетона при этом составляет  $1/3$  первоначальной.

При воздействии на пропитанный маслом бетон динамических воздействий с частотой  $n=100..1000$  циклов в 1 мин и с различными коэффициентами асимметрии разрушение образцов наступает на 1—3 порядка быстрее по сравнению с непропитанными образцами.

#### Выводы

Снижение прочности бетонов некоторыми видами нефтепродуктов происходит в результате содержания в них поверхностно-активных веществ — смол и присадок.

Нефтепродукты, не содержащие смол и присадок (бензин, керосин, вазелиновое масло), прочности бетона не снижают.

Все минеральные масла (за исключением вазелинового) уменьшают прочность бетона практически одинаково.

При наиболее неблагоприятных условиях (структура бетона с большим со-

держанием микродефектов, высокие водоцементные отношения бетона, обильное попадание на него минеральных масел) снижение прочности бетона может достигнуть 70% первоначальной.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвин В. М., Некрасов К. Д. Маслостойкие полы. — Строительная промышленность, 1941, № 4.
2. Москвин В. М. Коррозия бетона. М., Госстройиздат, 1952.
3. Медведев В. М., Васильев Н. М. Влияние минеральных масел на прочность бетона и сцепление его с арматурой. Опыт применения железобетона в машиностроении. — В сб. ЦИНИТам. М., Машиностроение, 1964.
4. Ребиндер П. А., Калиновская Н. А. Понижение прочности поверхностного слоя твердых тел при адсорбции поверхностно-активных веществ. — Журнал технической физики. Т. 2, вып. 7—8, 1932.
5. Васильев Н. М. Влияние минеральных масел на физико-механические свойства бетона и его защита. Автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. М., 1966 (НИИЖБ).

## Панели наружных стен

Конструкции с экономичным сечением, выполняемые из любого легкого бетона, обладают повышенными эксплуатационными характеристиками и могут выпускаться на существующих технологических линиях домостроительных предприятий.

Имеется опыт изготовления однослойных панелей наружных стен с бетонным экраном на основе.

При отсутствии качественных листовых материалов экраны можно выполнять из обычного бетона толщиной 50 мм в одной форме с несущей частью панели. Экраны крепятся на 4—6 металлических поворотных связях, позволяющих прижимать их к несущей части — при формировании, складировании и транспортировании — или раздвигать при распалубке и монтаже (авторское свидетельство № 685786).

Формуют экранную панель «лицом вниз». Бетонируют экран с анкерами. Затем укладывают два слоя kraft-бумаги. На оси анкеров накладываются связывающие крючки (из оцинкованной стали), каждый из которых закреплен другим концом на арматурном стержне и расположен внутри пластмассовой или жестяной коробочки. Далее формируется несущая часть наружной стеновой панели. Раздвижка экрана происходит путем поворота на 90° связей-крючков.

Аналогичные панели прошли производственную проверку в Витебске и будут смонтированы на легкобетонном 9-этажном доме серии 92 в Архангельске.

Более подробные сведения можно получить в ЦНИИЭП жилища: 127434, Москва, Дмитровское шоссе, 9, корп. Б.

И. М. ГРУШКО, д-р техн. наук, проф., В. А. БИРЮКОВ, инж. (ХАДИ);  
И. И. СЕЛИВАНОВ, И. Ф. КИСЕЛЕВ, инженеры (Харьковский ДСК-1)

## Влияние обработки цементных суспензий на ускоренное твердение бетонов

Повышение эффективности ускоренного твердения бетонов при тепловлажностной обработке достигается различными способами. Целесообразно вводить в воду затворения кристаллохимические интенсификаторы твердения [1, 2] с последующей обработкой цементных паст или воды затворения физическими воздействиями, например акустическими, электромагнитными полями [3, 4, 6], тепловым и другими методами.

Изучали влияние комплексной ультразвуковой и магнитной обработки малоконцентрированных (0,5—2,5%) цементных суспензий, используемых для затворения бетонных смесей, на ускоренное твердение бетона при тепловлажностной обработке.

В исследованиях использовали портландцемент марок М 500 и М 400 Балаклейского завода, песок Змеевского карьера с  $M_{кр} = 1,18$ , гранитный щебень Кременчугского карьера фракции 10—20 мм и водопроводная вода, отвечающая требованиям ГОСТ 2874—73. Бетонную смесь марки М 200 готовили в соотношении Ц:П:Щ:В, равном: 1:1,5:3,1:0,6 для цемента марки М 500 и 1:1,4:2,8:0,54 для цемента марки М 400. При этом обеспечивалась подвижность смесей 10—12 см. Такие смеси изготавливают на Харьковском ДСК-1 по каскадной технологии.

Из бетонных смесей формовали образцы-кубы с размером ребра 0,1 м, которые после 1 ч выдерживания подвергали тепловлажностной обработке (с использованием пригруза) по режиму 1+3+1 ч. Изотермическое выдерживание проводили при температуре 95—98°С. Прочность бетона на сжатие определяли через 4 ч после тепловлажностной обработки и на 28-е сутки последующего твердения в нормальных условиях — по результатам испытаний шести образцов. Точность измерений составляла ±5% при надежности 95%. Контрольные образцы затворяли водопроводной водой, а исследуемые — малоконцентрированными цементными суспензиями, приготовленными из того же цемента, и подвергали их ультразвуковой

и магнитной обработке. Прочность контрольных образцов  $R_k$  через 4 ч после пропаривания составляла 12,6 МПа, а на 28-е сутки — 23,8 МПа.

Исследования проводили на Харьковском ДСК-1 на опытно-промышленной установке для комплексной ультразвуковой и магнитной обработки малоконцентрированных цементных суспензий (рис. 1). Установка состоит из емкости для приготовления цементной суспензии при непрерывном перемешивании; насоса, обеспечивающего подачу суспензий в емкость ультразвуковой и аппарат магнитной обработки. В емкость ультразвуковой обработки вертикально вмонтирован магнитострикционный преобразователь ПМС-6-22, работающий на частоте 22 кГц от генератора УЗГ-1-4. Интенсивность ультразвуковых колебаний, создаваемых преобразователем на резонансной частоте, составляла 39—41 кВт/м<sup>2</sup>. Магнитную обработку суспензий производили с помощью аппарата электромагнитной обработки воды АМО-25-У4 производительностью 20 м<sup>3</sup>/ч. Скорость движения суспензий в зонах ультразвуковой и магнитной обработки регулировали и контролировали вентилями и расходомерами. Система трубопровода в установке обеспечивала возможность ультразвуковой обработки суспензий по замкнутому циклу.

Использование акустических колебаний и, в частности, ультразвука как средства воздействия на вещество связано с возникновением в жидкости ка-

витационной области, характеризующейся образованием и мгновенным смыканием в ней полостей и сильным разрушающим действием [3, 5, 6]. Эффективность ультразвуковой обработки цементных суспензий при разной концентрации и скорости движения контролировали изменением прочности бетона  $R/R_k$  и разрушающего действия кавитационной области ультразвукового поля  $\epsilon/\epsilon_k$ . В качестве контрольного  $\epsilon_k$  было принято разрушающее действие ультразвукового поля в неподвижной водопроводной воде по методике [5], в качестве  $R_k$  — прочность контрольного образца бетона.

Наиболее эффективен тот режим обработки воды магнитным полем, при котором наблюдается выделение при кипячении наименьших по сравнению с необработанной водой кристаллов веществ, называемых накипеобразователями (соли жесткости воды). Эффективность магнитной обработки цементных суспензий оценивали приростом прочности бетона, а обработки воды кристаллооптическим способом [4] по коэффициенту качества магнитной обработки воды  $K$ , который рассчитывали по формуле

$$K = 100\% - \frac{a \cdot 100\%}{A},$$

где  $a$  и  $A$  — усредненный размер кристаллов накипеобразователей, полученный на предметном стекле при кипячении в течение 3 мин соответственно обработанной и необработанной воды.

Проведенные исследования показали, что при затворении бетонных смесей необработанными цементными суспензиями прочность бетона через 4 ч после тепловлажностной обработки повышается на 20—25% (рис. 2). При ультразвуковой обработке суспензий прирост прочности бетона и разрушающее действие кавитационной области ультразвукового поля зависит от концентрации суспензий и скорости их движения в ультразвуковом поле. Причем наибольший прирост прочности и разрушающего действия (соответственно в 1,37 и 0,65

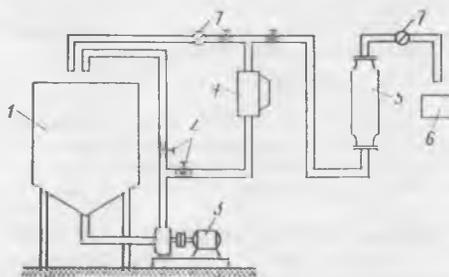


Рис. 1. Схема опытно-промышленной установки комплексной ультразвуковой и магнитной обработки водцементных суспензий

1 — емкость для суспензии; 2 — вентили; 3 — насос; 4 — емкость ультразвуковой обработки; 5 — аппарат магнитной обработки; 6 — дозатор воды; 7 — расходомеры

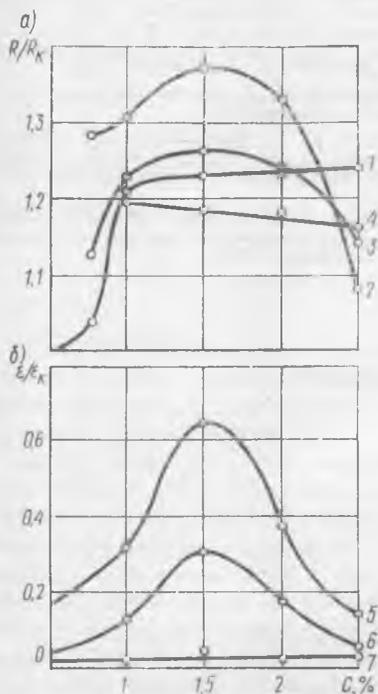


Рис. 2. Зависимость условных приростов прочности бетона (а) и разрушающего действия кавитационной области (б) от концентрации цемента в суспензиях при их ультразвуковой обработке  
1 — необработанная суспензия; 2, 5 — скорость движения суспензий при обработке соответствует расходу 3 м³/ч; 3, 6 — то же, 3,6 м³/ч; 4, 7 — то же, 4,5 м³/ч

раза) достигается при 1,5%-ной концентрации цементных суспензий и скорости их движения, соответствующих расходу 3 м³/ч.

Более быстрое течение цементных суспензий в емкости ультразвуковой обработки снижает разрушающее действие кавитационной области ультразвукового

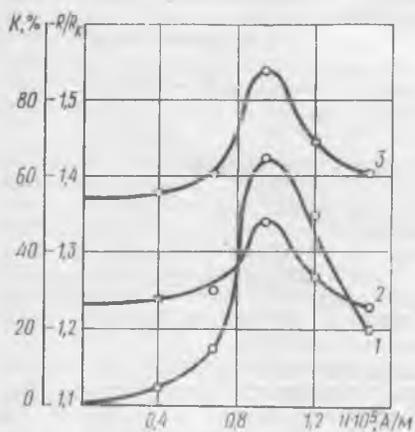


Рис. 3. Зависимость коэффициента качества  $K$  (1) и прочности бетона (2, 3) при магнитной обработке цементных суспензий концентрацией 1,5% напряженности магнитного поля  $H$   
2 — суспензии, не обработанные ультразвуком; 3 — суспензии, предварительно обработанные ультразвуком при скорости движения, соответствующей расходу 3 м³/ч

поля и уменьшает прирост прочности бетона. При скорости, соответствующей расходу 4,5 м³/ч и более, кавитационная область развита очень слабо, о чем свидетельствует практическое отсутствие разрушающего действия, а прочность бетона даже снижается при всех концентрациях суспензий относительно образцов, приготовленных на основе необработанных суспензий.

При расходе менее 3 м³/ч цементные суспензии расслаиваются, поэтому эта величина принята за нижний предел при исследовании влияния скорости движения цементных суспензий в ультразвуковом поле на прирост прочности бетонов.

Идентичность зависимостей  $R/R_k = f(C, V)$  и  $\epsilon/\epsilon_k = f(C, V)$  позволяет прогнозировать оптимальные значения  $C$  и  $V$ , обеспечивающие наибольший прирост прочности бетона при ультразвуковой обработке цементных суспензий, по максимальному показателю  $\epsilon$ . Суспензии 1,5%-ной концентрации, необработанные и обработанные ультразвуком при оптимальном режиме, затем подвергали магнитной обработке, эффективность которой зависит от напряженности магнитного поля  $H$  (рис.3). Эти данные согласуются с экспериментами по обработке воды [4].

Максимальный прирост прочности бетона и наибольший коэффициент качества магнитной обработки воды достигались при одинаковой напряженности магнитного поля, равной  $0,94 \cdot 10^5$  А/м (1180 Э). Причем зависимости  $R/R_k = f(H)$  и  $K = f(H)$  имели одинаковый характер и непосредственную прямую взаимосвязь (рис. 4). Это позволило по максимальному значению коэффициента  $K$  определить оптимальный режим магнитной обработки малоконцентрированных цементных суспензий. Кроме того, из рис. 3 следует, что эффективность магнитной обработки цементных суспензий повышается в результате предварительной ультразвуковой обработки.

Для бетонов, твердевших в течение 28 сут после тепловлажностной обработки в нормальных условиях, характер всех описанных зависимостей сохранялся. Наибольший прирост прочности был достигнут при 1,5%-ной концентрации суспензии затворения, подвергнутой комплексной ультразвуковой и магнитной обработке при оптимальных режимах, и составлял 25% относительно контрольных образцов. Аналогичные результаты получены для бетонов, приготовленных на портландцементе марки М 400.

При ультразвуковой обработке в цементных суспензиях образуется значительное количество коллоидных кри-

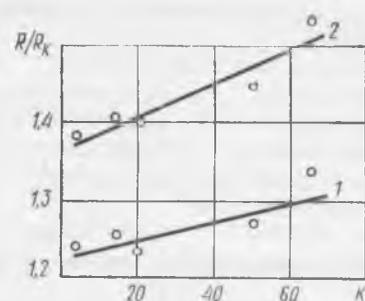


Рис. 4. Зависимость условного прироста прочности бетона на необработанных (1) и предварительно обработанных ультразвуком (2) суспензиях от коэффициента качества магнитной обработки воды

сталлохимических интенсификаторов твердения (КИТ) бетона в виде продуктов гидратации цемента. Это связано со смыканием кавитационных полостей, которое сопровождается локальным повышением температуры и давления вблизи полости [5]. В результате происходят дезагрегация, диспергирование и равномерная гидратация зерен цемента, протекающие во много раз быстрее, чем при механическом перемешивании суспензий при температуре и давлении окружающей среды по [3, 6].

Высокие температура и давление при образовании КИТ в кавитационной области поддерживают стабильность последних в условиях тепловлажностной обработки бетонов. Приготовление цементных суспензий из того же цемента, что и бетонная смесь, обеспечивает структурную и химическую аналогию КИТ и основной массы гидратных новообразований, возникающих при твердении бетона. Омагничивание обработанных ультразвуком суспензий способствует образованию дополнительных КИТ в результате увеличения в объеме затворителя количества участков с повышенной концентрацией гидратов и активизирует уже образовавшиеся при ультразвуковой обработке [4].

Затворение бетонных смесей суспензиями, содержащими активные КИТ, увеличивает общую концентрацию кристаллической фазы в твердеющем бетоне и способствует самопроизвольному возникновению большого числа сростков гидратов на ранней стадии твердения [1]. Кроме того, КИТ выполняет функции ориентирующих подложек для возникающих в бетоне гидратов и могут ускорять реакции гидратации, уменьшая действие экранирующих оболочек на зернах цемента [1, 2]. В результате повышается прочность бетона после тепловлажностной обработки и, как показала оптическая микроскопия шлифов бетона, увеличивается степень гидратации вяжущего и ускоряются про-

цессы кристаллообразования цементного камня.

Опытно-промышленная проверка экспериментальных данных, выполненная на Харьковском ДСК-1 по кассетной технологии, показала хорошую сопоставимость результатов с проведенным экспериментом.

Было изготовлено около 20 тыс. м<sup>3</sup> бетонных элементов для домов серии

2-57. При этом продолжительность тепловлажностной обработки сократилась на 2 ч, а стоимость 1 м<sup>3</sup> бетона уменьшилась на 0,62 р. в результате экономии энергоресурсов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Илюхин В. В., Кузнецов В. А., Лобачев А. Н., Бакшуттов В. С. Гидросиликаты кальция. М., Наука, 1979.

2. Ратинов В. Б., Розенберг Т. И. Добавки в бетон. М., Стройиздат, 1973.
3. Ахвердов И. Н., Плющ Б. А., Глушенко В. М., Каплан Э. Л. Акустическая технология бетонов. М., Стройиздат, 1976.
4. Класен В. И. Омагничивание водных систем. М., Химия, 1978.
5. Агранат Б. А., Башкиров В. И., Китайгородский Ю. И., Хавский Н. Н. Ультразвуковая технология. М., Металлургия, 1974.
6. Ахвердов И. Н., Шалимо М. А. Ультразвуковое вибрирование в технологии бетона. М., Стройиздат, 1969.

УДК 624.691.327:666.973.2:666.64-492.3.012.45

Г. В. АНЦИФЕРОВ, гл. инж. Главульяновскстроя;  
Н. Н. ПОЛЯКОВ, управляющий трестом Ульяновскоргтехстрой

## Опыт производства несущих керамзитобетонных конструкций

Массовый переход на изготовление и внедрение в производство керамзитобетонных конструкций для промышленного и жилищно-гражданского строительства был начат в Главульяновскстрое около 10 лет назад. Изготовителем их являются заводы объединения «Железобетон» Главульяновскстроя.

Главный производственный корпус завода состоит из 11 формовочных пролетов, оснащенных высокомеханизированными поточными линиями. На заводе организовано производство керамзитобетонных плит перекрытий для жилых и общественных зданий методом немедленной распалубки, с применением ударной технологии, обеспечивающей высокое качество продукции. Завод выпускает безраскосные керамзитобетонные стропильные фермы длиной 18 и 24 м, колонны серии ИИ-04 в металобетонной оснастке; сваи сечением 30×30 и 35×35 см, длиной до 12 м в стенд-камерах; крупнопанельные перегородки; колонны серии ИИ-04, одно- и четырехэтажные, в стенд-камерах, что дает возможность монтировать их без выверки.

Все технологические линии оснащены приспособлениями для калибровки изделий. Применяются модернизированные бетоноукладчики, что позволяет обеспечить комплексную механизацию технологических процессов.

Высокий технический уровень производства несущих керамзитобетонных конструкций явился результатом внедрения в производство комплекса экспериментальных и научно-исследовательских работ на базе объединения «Железобетон» трестом Ульяновскоргтехстрой с участием НИИЖБ, ЦНИИЭП торгово-бытовых зданий, ВНИИкерамзит, ВНИИжелезобетон, Ульяновского политехнического института.

Научно-исследовательские и экспериментальные работы были направлены на получение высокопрочного керамзитового гравия, создание новых эффективных несущих конструкций, в том числе преднатяженных, совершенствование технологических процессов производства, получение оптимальных режимов и параметров, совершенствование методов кон-

троля качества выпускаемой продукции.

На заводе освоено производство керамзитобетонных изделий и конструкций полной заводской готовности для зданий серии ИИ-04 (связевой вариант); однослойные комплексные плиты перекрытий размерами 1,5 (3)×6 м и плиты перекрытий размерами 1,5 (3)×12 м для промышленных зданий; фермы безраскосные серии 1.463-3 Т-1422 (выпуск 14 длиной 18 и 24 м); балки БДР длиной 12 и 18 м серии 1.462-3 (выпуск 7); колонны серии КЭ-01-49 (выпуск 1) промышленных зданий; сваи длиной от 5 м до 12 м; пустотный настил длиной до 9 м; плиты перекрытия на дома серии III-90, сваи и другие изделия.

Разработаны и внедрены оптимальные составы керамзитобетона марок М 100-500, позволяющие экономить 15-20% цемента по сравнению с действующими нормативами, достигнуть снижения объемной массы керамзитобетона на 200—300 кг/м<sup>3</sup>. Отработаны оптимальные режимы тепловлажностной обработки изделий, позволяющие сократить цикл на 3-4 ч.

На заводе внедрена комплексная система управления качеством продукции. Для улучшения качества ежегодно разрабатывается комплексный план организационно-технических и политико-воспитательных мероприятий. В 1980 г. 66,3% общего объема продукции было аттестовано по I категории качества.

В период 10-й пятилетки выработка на одного работающего на заводе возросла в 1,7 раза.

Главульяновскстрой до 1972 г. использовал керамзитобетон только в качестве ограждающих конструкций зданий различного назначения. Получение керамзитобетона высоких марок дало возможность использовать его в несущих конструкциях. В настоящее время предприятия главка изготавливают из керамзитобетона 45% всей выпускаемой продукции, из них 60% несущих конструкций.

Для бетона высоких марок применяется выпускаемый Ульяновским заводом керамзит объемной массой 500—750 кг/м<sup>3</sup>, прочностью 20—80 кгс/см<sup>2</sup>.

В 1978 г. из керамзитобетонных изделий серии ИИ-04 построен администра-

тивно-бытовой корпус. Колонны каркаса готовились без разрезки высотой на 3 этажа. Затем подразделения главка построили промышленный корпус на два пролета по 18 м с крановыми нагрузками. Все изделия также были изготовлены из керамзитобетона.

Начато изготовление забивных свай 30×30 см из керамзитобетона. Их используют для устройства искусственных оснований жилых и промышленных объектов.

Использование керамзитового гравия в качестве крупного заполнителя бетона позволяет снижать объемную массу изделий и конструкций, увеличивать полезные нагрузки на перекрытие зданий на 10—15% или уменьшить расход арматурной стали на 20%. Транспортные расходы сокращаются на 12%.

Отсутствие в Ульяновской области крупного заполнителя высоких марок приводит к необходимости завозить дорогие инертные материалы из других районов страны. Например, гранитный щебень, поставляемый из Красноводска, обходится предприятиям с дополнительной доработкой на месте использования по 22 р. за 1 м<sup>3</sup>. Керамзитовый гравий объемной массой 650—700 кг/м<sup>3</sup> прочностью в цилиндре 50—70 кгс/см<sup>2</sup> обходится по 8 р. за 1 м<sup>3</sup>.

Предприятия объединения «Железобетон» Главульяновскстроя в настоящее время работают над внедрением наиболее экономичных керамзитобетонных плит перекрытий размером на пролет 12, 18 и 24 м. Особенно интересны керамзитобетонные плиты-оболочки типа КЖС-18-24, рабочие чертежи на которые разрабатывает НИИЖБ.

Совместно с НИИЖБом, НИИкерамитом, политехническим институтом главка работает над подбором составов для массового использования в производстве несущих керамзитобетонных конструкций высоких марок М 500—600. Из года в год главка наращивает изготовление керамзитобетонных несущих конструкций, для чего в нынешнем году планируется ввод дополнительных мощностей по производству керамзитового гравия.

## Последовательно-параллельный способ дозирования

Многокомпонентные смеси готовят в дозаторах циклического действия двумя способами: параллельным дозированием и последовательным.

Первый способ позволяет дозировать составляющие смесь компоненты одновременно, что сокращает продолжительность цикла дозирования. Однако из-за невозможности компенсации ошибок дозирования приготавливаемая смесь имеет большую вариацию качественных показателей. При корректировании расхода компонентов непосредственно в процессе приготовления смеси дисперсии ошибок дозирования снижаются, что свидетельствует о преимуществе этого способа перед параллельным. Такое дозирование возможно только при последовательном способе. Кроме того, при последовательной загрузке смесителя уменьшается разница между объемом готового замеса и емкостью смесителя, что при отсутствии конструктивных ограничений позволяет повысить производительность применяемого смесителя.

Однако последовательный способ увеличивает продолжительность дозирования всех компонентов и, следовательно, приготовления смеси из-за необходимости уточнения расхода составляющих. Сравнение циклограмм подготов-

ления четырехкомпонентной смеси показало, что время дозирования всех компонентов последовательным способом приблизительно в 4 раза больше, чем при параллельном.

Анализ рассматриваемых способов дозирования и режимов работы смесителя циклического действия показал, что целесообразно объединить параллельный и последовательный способы дозирования.

Из приведенных циклограмм (см. рисунок) видно, что последовательно-параллельное дозирование позволяет заканчивать загрузку смесителей с интервалом, равным циклу взвешивания применяемых дозаторов, т.е. так же, как и при параллельном дозировании. Компоненты замеса дозируют и загружают в смеситель последовательно, но начиная с четвертого цикла дозаторы компонентов фактически работают параллельно, но на разных замесах.

Рассматривали случаи параллельного дозирования четырех различных компонентов (по одному из разных замесов), при последовательном дозировании и загрузении в смеситель компонентов соответствующего замеса. Это иногда позволяет применять режим «сухого» перемешивания и реализовать любую из

форм многокомпонентного связанного дискретного дозирования.

На рисунке ступенчатыми усеченными пирамидами показаны циклограммы работы смесителей; с ростом числа загружаемых компонентов увеличивается число ступенек. Компоненты загружаются одновременно, работа смесителей изображена в виде прямоугольников. Дозаторы на циклограммах обозначены прямоугольниками с трехзначными обозначениями, где первая цифра обозначает номер замеса,  $X$  — дозируемый компонент, а индекс при  $X$  — порядковый номер дозируемого компонента. Для сравнения интенсивности работы оборудования при различных методах дозирования приведена шкала в условных единицах времени.

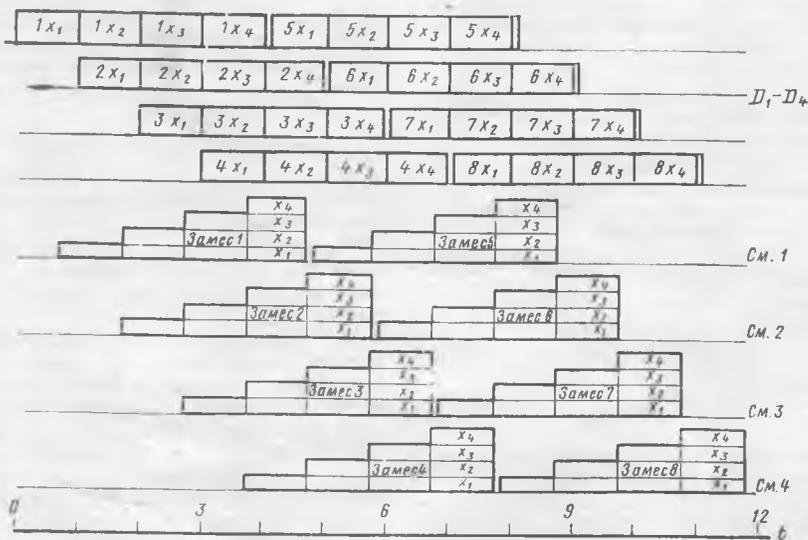
Как видно из циклограмм, только работа в последовательно-параллельном режиме позволяет свести к минимуму простой оборудования и выдавать за 12 условных единиц времени восемь готовых замесов, тогда как при последовательном дозировании за тот же промежуток времени готовится два замеса, а при параллельном — не более шести.

Реализация предложенного метода дозирования возможна практически на любом предприятии с достаточно большой производительностью. Иногда требуется дооборудовать дозаторы поворотной воронкой, система конечных выключателей которой ограничивает угол ее поворота и является частью схемы запрета выгрузки материала.

### Выводы

Последовательно-параллельный способ дозирования в условиях производства позволит максимально загрузить используемое оборудование, реализовать готового замеса и емкостью смесителя, что улучшает качество перемешивания.

Управление работой дозаторов осуществляется на принципах многокомпонентного связанного дозирования. Внедрение такого способа позволяет реализовать режим «сухого» перемешивания, что сокращает время от поступления заказа на смесь до ее выгрузки из смесителя, а также одновременно дозировать несколько различных марок смеси.



Циклограммы приготовления четырехкомпонентной бетонной смеси

УДК 693.546

В. Ф. ТКАЧУК, инж. (трест Одестранстрой)

## Устройство для выбора режимов виброуплотнения бетонной смеси в объемно-переставной опалубке

Практика возведения зданий из монолитного железобетона в объемно-переставной опалубке в Кишиневе показала, что одним из важных факторов является соблюдение технологии укладки и виброуплотнения бетонной смеси. Основное внимание при этом должно уделяться выбору оптимальных режимов виброуплотнения бетонной смеси с учетом особенностей возведения монолитных стен зданий с применением объемно-переставной опалубки.

Для выявления таких режимов при бетонировании стен в объемно-переставной опалубке в СУ-135 треста Одестранстрой провели серию опытов в лабораторных и производственных условиях с использованием несколько видоизмененного прибора [1].

Он представляет собой прямоугольный сосуд размером 40×16×60 см со стенками из оргстекла и из металлического листа (рис. 1). Каркас выполнен из уголкового стали. Внутри сосуда находится плоский поплавок со штангой, на которой закреплена стальная линейка с градуированной шкалой. Установка поплавка в горизонтальном положении производится при помощи кронштейна. При опускании поплавок нулевое деление линейки совпадает с гранью указателя на кронштейне.

До начала опытов сосуд заполняли бетонной смесью, на которую устанавливали поплавок таким образом, чтобы он не тонул, а всей плоскостью касался бетонной смеси.

Виброуплотнение бетонной смеси можно производить двумя способами — на виброплощадке и при помощи глубинных вибраторов. Для вибрирования бетонной смеси глубинными вибраторами в дне прибора имеются специальные отверстия, через которые устанавливаются вибронаконечники. При этом прибор ставится на специальную подставку. После помещения прибора на виброплощадку отверстия закрывают пробками. Приборы с различным расстоянием между прозрачными стенками позволяют наблюдать процессы, аналогичные виброуплотнению смеси при возведении монолитных стен в объемно-переставной опалубке толщиной от 10 до 25 см.

Такой прибор дает возможность определить продолжительность вибрирования, уплотняемость и оптимальную высоту укладки слоев бетонной смеси. Наблюдая через прозрачные стенки прибора за процессами виброуплотнения, можно достаточно достоверно установить радиус действия различных глубинных вибраторов в зависимости

от толщины и высоты укладываемых слоев бетонной смеси.

В СУ-135 при помощи такого прибора исследовали вибрационные процессы укладки мелкозернистой известняковой бетонной смеси при строительстве 16-этажного жилого дома в объемно-переставной опалубке в Кишиневе. При проведении опытов применяли бетонную смесь следующего состава: рыбницкий портландцемент марки М400—310 кг/м<sup>3</sup>, мелкий известняковый заполнитель молдавских месторождений с крупностью зерен до 10 мм—1555 кг/м<sup>3</sup>, вода—250 л/м<sup>3</sup>.

Продолжительность вибрирования бетонной смеси устанавливали по методике [2]. Оптимальную продолжительность вибрирования определяли по времени перехода смеси из рыхлого состояния в уплотненное (прекращение опускания поплавка прибора) и по времени, когда происходило обводнение смеси на всю толщину слоя.

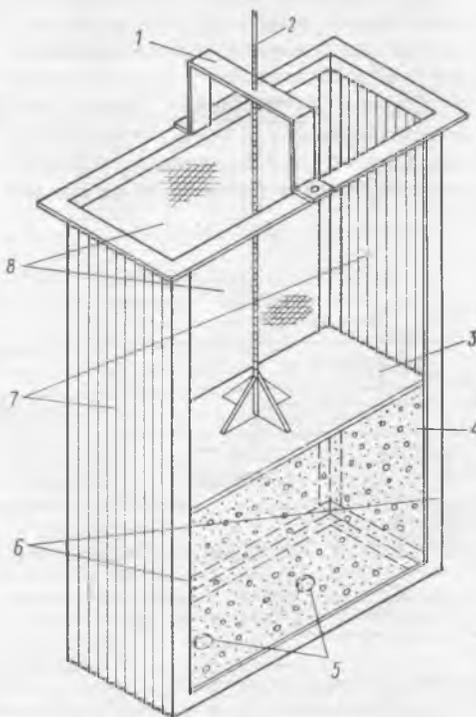


Рис. 1. Прибор для исследования процессов виброуплотнения бетонной смеси

1 — кронштейн; 2 — штанга; 3 — поплавок; 4 — бетонная смесь; 5 — отверстия в дне прибора; 6 — каркас из металлического уголка; 7 — стенки из металлического листа; 8 — стенки из оргстекла

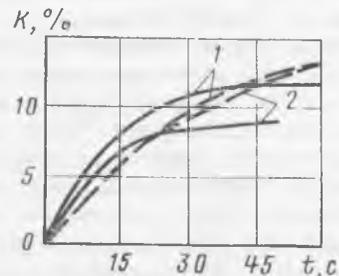


Рис. 2. Зависимость уплотняемости бетонной смеси на известняковом заполнителе от продолжительности вибрирования

1 — О.К. = 1...5 см; 2 — О.К. = 5...10 см; — крупность зерен заполнителя 1—5 мм; — то же, 5—10 мм

Опыты с использованием прибора производили следующим образом. После заполнения прибора смесью и установки вибратора, по указателю на градуированной шкале штанги отмечали объем рыхлой бетонной смеси  $V_p$ , затем одновременно включали вибраторы и секундомер и через прозрачные стенки наблюдали за опусканием поплавка и состоянием уплотняемой бетонной смеси. В момент прекращения движения поплавка вниз вибраторы и секундомер выключали. По шкале определяли объем уплотненной смеси  $V_y$ , по секундомеру — продолжительность вибрирования.

Уплотняемость бетонной смеси подсчитывали по известной формуле, как отношение разности между объемом свободно (без уплотнения) уложенной смеси  $V_p$  и ее объемом в уплотненном виде  $V_y$  к объему свободно уложенной смеси:

$$k_y = \frac{V_p - V_y}{V_y} 100\%$$

где  $k_y$  — коэффициент уплотнения бетонной смеси.

Установлено, что коэффициент уплотнения пластичных смесей на мелком заполнителе ниже, чем более жестких смесей (рис. 2).

Для определения влияния продолжительности вибрации на прочность известнякового бетона в 28-суточном возрасте изготовили образцы с различным временем уплотнения — 10, 20, 30, 40, 50, 60 и 70 с. Образцы бетонировали в металлической форме размером 200×200×200 мм со специальной конусной насадкой для удобства заполнения и виброуплотнения смеси. После окончания вибрирования конусную на-

садку удаляли и излишки бетона в форме срезали ножом.

Опыты показали, что уплотнение смеси в течение первых 30 с вызвало интенсивный рост прочности бетона, в дальнейшем происходило равномерное увеличение прочности при вибрировании до 50 с. Увеличение продолжительности вибрирования свыше 1 мин не давало положительных результатов. Эксперименты проводили для известняковых бетонных смесей с наибольшей крупностью заполнителей 10 мм и  $O. K. = 3 \dots 5$  см.

Известно, что радиус проработки бетонной смеси возрастает по мере увеличения продолжительности вибрирования и толщины укладываемых слоев. Исследованиями установлена зависимость радиуса действия глубинного вибратора ИВ-75 от высоты укладываемого слоя смеси при помощи прибора с шириной между прозрачными стенками 20 см. Это позволило наблюдать процессы, аналогичные виброуплотнению бетонной смеси в объемно-переставной опалубке при бетонировании стен толщиной 20 см. Радиус действия (по длине стены) глубинного вибратора определяли визуально при укладке слоев бетонной смеси толщиной 30, 35, 40, 45, 50, 55 и 60 см.

Радиус действия глубинных вибраторов ИВ-75 по длине стены, бетонруемой в объемно-переставной опалубке, возрастал с увеличением толщины укладываемых слоев, при достижении толщины слоя 50—55 см увеличения радиуса проработки смеси не наблюдалось.

Отсюда можно сделать вывод, что при вибрировании бетонной смеси на мелком известняковом заполнителе с  $O. K. = 3 \dots 5$  см глубинными вибраторами ИВ-75 высота укладываемых слоев в объемно-переставную опалубку не должна превышать 50 см при средней продолжительности виброуплотнения 30—40 с.

### Выводы

Применяя прибор (см. рис. 1) для испытания бетонной смеси, можно достаточно достоверно и в лабораторных, и в производственных условиях определить продолжительность вибрирования, коэффициент уплотнения смеси, оптимальную толщину ее укладки и радиус действия глубинных вибраторов при возведении монолитных стен в объемно-переставной опалубке.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Симонов М. З. Новый прибор и методы изучения некоторых свойств смеси. — Известия АН АрмССР, т. XVII, 3, 1961.
2. Симонов М. З. Основы технологии легких бетонов. М., Стройиздат, 1973.

## В помощь проектировщику

УДК 624.073:539.384.2

В. С. ЗЫРЯНОВ, канд. техн. наук (ЦНИИЭП жилища)

### Ограничение предельных прогибов плит, опертых по контуру

При расчете прочности опертых по контуру плит по деформированной схеме необходимо знать величину предельного прогиба  $f_p$ . Разработанные методы расчета плит дают такую зависимость прочности от прогиба  $f_p - q_p$ , график которой пересекается с опытным графиком  $q - f$  (рис. 1).

Анализируя графики, видно, что точки пересечения являются границами областей, характеризующихся различным запасом прочности. Так, в областях 1, 2 опытная кривая лежит ниже теоретической. Исключая область 1 как не представляющую практического интереса ввиду относительно малых нагрузок, можно сказать, что в области 2, за исключением точки А, запас прочности недостаточен ( $k = \frac{q_{оп}}{q_{т}} < 1$ ). В

средней области 3 опытная кривая выше теоретической, следовательно, запас прочности здесь обеспечен ( $k \geq 1$ ). Таким образом, в расчетах следует использовать только область 3. Для ограничения выхода в область 2 следует разделяющую их точку А и соответствующую ей величину прогиба рассматривать в качестве граничных. Для соблюдения условия прочности плиты учитываемый предельный прогиб  $f_p$  не должен превышать граничного прогиба  $f_p^{гр}$ :

$$f_p \leq f_p^{гр} \quad (1)$$

Анализ показал, что параметры, влияющие на величину предельного прогиба, весьма разнообразны, и при его расчете не исключена вероятность нарушения неравенства (1). Чтобы этого избежать и обеспечить большую гарантию безопасности расчета плит, с учетом влияния прогиба, следует ввести условие ограничения величины  $f_p$ .

Для обоснования этого условия были обработаны результаты экспериментальных исследований. Характеристики плит менялись в широких пределах —  $h = 3,8 \dots 14$  см;  $l_1 = 0,6 \dots 3,5$  м;  $\lambda = l_2/l_1 = 1 \dots 2,3$ ;  $l_1/h = 16,1 \dots 43,7$ ; в направлении  $l_1$

$$\mu_{(1)} = \frac{F_{a1}}{h_{01} l_2} = 0,15 \dots 0,77\%$$

арматура применялась как с площадкой текучести, так и без нее, с  $\sigma_{т}(\sigma_{0,2}) = 220 \dots 555$  МПа.

Расчет теоретических значений предельных прогибов проводили по методике [1] с некоторыми уточнениями.

Согласно п. 2.15 [1], предельный прогиб свободно опертых прямоугольных плит определяется по формуле

$$f_p = 0,141 l_1^2 \frac{1}{\rho_p} \quad (2)$$

где  $l_1$  — короткий пролет;  $\frac{1}{\rho_p}$  — кривизна в предельном состоянии диагональных сечений излома, выходящих под  $45^\circ$  из углов, подсчитываемая по формуле (52) [1].

Она получена из выражения (158) СНиП II-21-75 для случая изгиба, что соответствует методике [1] расчета свободно опертых плит, предполагающей что в сечениях излома действуют только изгибающие моменты.

Советскими и зарубежными исследователями установлено, что сечения излома находятся в более сложном напряженном состоянии — на участках, примыкающих к углам плиты, они внецентренно-сжаты, а у центра — внецентренно-растянуты. Учет такого напряженного состояния, однако, весьма сложен и не может быть рекомендован для практики.

С достаточной для практических расчетов точностью можно рассчитывать кривизну свободно опертых плит как изгибаемых элементов, т. е. принять за основу формулу (52) [1].

При этом, поскольку речь идет об определении прочности, согласно п. 3.16

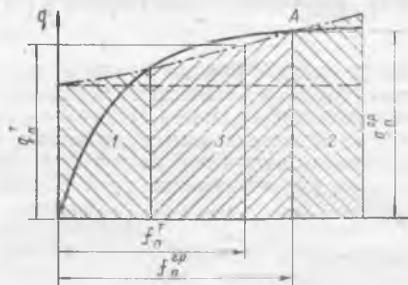


Рис. 1. Характерные зависимости: опытная нагрузка-прогиб и теоретическая предельный прогиб-прочность плит, опертых по контуру

— опытная  $q - f$ ; — — — — теоретическая  $f_p - q_p$  без учета влияния прогибов (по недеформированной схеме); — — — — то же, в функции от прогиба (по деформированной схеме) 1, 2 — области с недостаточным запасом прочности ( $k < 1$ ); 3 — область с достаточным запасом прочности ( $k \geq 1$ )

[1], вместо  $E_a$  следует принимать  $E_a = \nu_a E_a$ , соответствующий  $\sigma_t$  или  $\sigma_{0,2}$  и принимающий дифференцированные значения для различных сталей.

Для сталей классов А-III и В-1

$$\nu_a = \frac{R_a}{R_a + 0,002 E_a} = 0,45. \text{ При}$$

замене  $R_a$  на  $\sigma_{0,2}$  или  $\sigma_t$  коэффициент  $\nu_a = 0,35 \dots 0,59$ . По данным НИИЖБ,  $\psi_a < 1$ , для практических расчетов  $\psi_a = 0,9$ . Для расчета прочности  $\nu_6 = 0,4$  вместо 0,45 по СНиП для расчетов по деформациям.

После подстановки уточненных параметров в формулу (158) СНиП получим выражение для кривизны:

$$\frac{1}{\rho_{\Pi}} = \frac{k_1 R_a}{h_0 E_a} \left( 1 + \frac{k_2 \mu n}{\xi_T} \right), \quad (3)$$

которое отличается от формулы (52) [1] коэффициентами  $k_1$  и  $k_2$ , а также заменой  $R_a$  вместо  $R_{aII}$ . Для сталей классов А-III и В-1:

$$k_1 = \frac{\psi_a}{\nu_a} = \frac{0,9}{0,45} = 2;$$

$$k_2 = \frac{\nu_a}{\nu_6} = \frac{0,45}{0,4} = 1,125 \approx 1,1.$$

В рассмотренных опытах  $k_1 = 2,58 \dots 1,54$ ;  $k_2 = 0,87 \dots 1,46$ .

Наиболее существенное влияние на величину  $f_{\Pi}$  оказывает относительная гибкость плит  $l_1/h$ , поэтому в функции от этого параметра на график нанесли

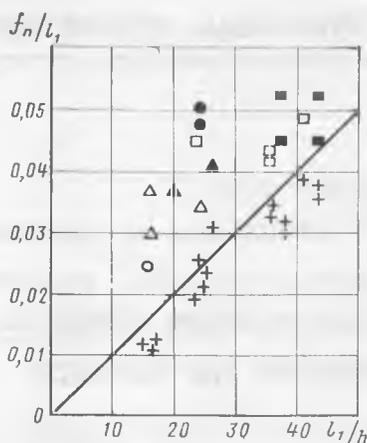


Рис. 2. Зависимость относительной величины предельного прогиба  $f_{\Pi}/l_1$  от относительной гибкости  $l_1/h$  свободно опертых по контуру прямоугольных и квадратных плит  
 $\triangle$  — [2];  $\blacktriangle$  — [3];  $\circ$  — [4];  $\bullet$  — [5];  
 $\square$  — [6];  $\blacksquare$  — автора;  $+$  — теоретические

максимальные опытные и теоретические величины относительных прогибов опытных плит  $f_{\Pi}/l_1$  (рис. 2). При этом оказалось, что для большинства образцов между теоретическими и опытными величинами можно провести четкую границу в виде прямой с угловым коэффициентом

$$\alpha = \frac{f_{\Pi}/l_1}{l_1/h} = 0,001.$$

Принимая ее за верхний предел допустимых прогибов, получим

$$\left[ \frac{f_{\Pi}}{l_1} \right] \leq 0,001 \frac{l_1}{h} = \frac{f_{\Pi}^{GP}}{l_1}. \quad (4)$$

Исключение составили плиты, армированные только проволокой класса В-1, прогибы которых в предельном состоянии не достигали величин, рассчитываемых по формуле (2).

### Вывод

При расчете прочности свободно опертых по контуру плит по деформированной схеме рекомендуется вводить прогиб, определяемый по формуле (2) с учетом уточнений, ограничиваемый условием (4).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по расчету статически неопределенных железобетонных конструкций. М., Стройиздат, 1975.
2. Bach C. und Graf O. Versuche mit allseitig aufliegenden, quadratischen und rechteckigen Eisenbetonplatten. Berlin, 1915.
3. Desayi P., Kalkarni A. B. Load-deflection behaviour of simply supported rectangular reinforced concrete slabs. IABCE Proceedings. P-11/78, Februar, 1978.
4. Jain S. G., Kennedy J. B. Yield criterion for reinforced concrete slabs. Journal of the Structural Division, 1974, N ST3.
5. Robinson J. R., Merouani C. Influence de la distribution des armatures dans les dalles carrees en beton arme. Annales de L'Institut technique du batiment et des travaux publics, 1970, N 275.
6. Taylor R., Maher D. R. H., Hayes V. Effect of the behaviour of reinforced concrete slab. Magazine of Concrete Research, 1966, V. 18, N 55.

## Долговечность

УДК 697.326

В. М. ИМБРИЦКИЙ, инж. (МИСИ)

## Стойкость обмуровки котлов при высокотемпературном воздействии

Возрастающие объемы и темпы ввода новых теплоэнергетических мощностей вызывают необходимость ведения строительства промышленными методами с применением элементов из прочных материалов, увеличивающих срок службы котлов.

Использование крупноразмерных блоков и панелей из жаростойких бетонов позволяет сократить сроки строительства и трудозатраты на сооружение котлов, значительно повысить производительность труда. Применение жаростойких бетонов в обмуровках котлов требует нового подхода к их изготовлению и эксплуатации.

Сушка и первый разогрев обмуровок до рабочих температур производится непосредственно в котле и имеет решающее значение для дальнейшей работы ограждения. Проведенные исследования [1]

показали, что нарушение режимов сушки жаростойких бетонов снижает прочность, сокращает сроки эксплуатации и может вызвать разрушение бетона [1, 2].

В МИСИ при участии Подольского машиностроительного завода им. С. Орджоникидзе изготовили образцы обмуровок, которые испытывали на стойкость к высокотемпературному воздействию, происходящему в период сушки и первого разогрева котла [3]. Исследования производили средствами фильтрационной диагностики, которые являются чуткими индикаторами, фиксирующими изменения структуры капиллярно-пористых тел. Методика основана на определении фильтрационных характеристик обмуровочных материалов по принципу квазистационарного режима фильтрации [4]. Эта методика дает возможность проследить кинетику разрушения изделия, подвергае-

мого силовым, термическим, фильтрационным или комбинированным воздействиям. Она эффективна и в случае определения комплексного действия различных факторов в условиях высокотемпературного нагрева и позволяет находить фильтрационные характеристики влажного изделия.

Экспериментальная установка представляла собой корпус, внутри которого расположен нагреватель, имитирующий различные режимы сушки. Из баллона через редуктор и осушитель в установку поступает сжатый воздух, создавая необходимое избыточное давление в корпусе и внутри образца.

При этом испытывали по 15 образцов-близнецов размером  $100 \times 100 \times 50$  мм составов, применяемых в каркасных конструкциях обмуровок (см. таблицу).

В образцы закладывали датчики давления на расстоянии 20 мм от обогреваемой поверхности, что соответствует глубине разрушения обмуровочных материалов при сушке и пуске тепловых агрегатов. Распалубку образцов производили через сутки, затем в течение 28 сут они набирали прочность. После этого образцы сушили при температуре  $t = 110^\circ\text{C}$  (по ГОСТ 12852-67) и после стабилизации массы, наносили газонепроницаемое покрытие со стороны необогреваемых поверхностей.

После фиксации массы образец или элемент конструкции устанавливали в корпусе установки с расположенной там

Номер состава	Составляющие	Расход составляющих, кг/м <sup>3</sup>	Гранулометрический состав заполнителя, мм	$\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	$R$ , МПа	$v$ , °С/ч	$k_{\tau}$
I	Портландцемент марки М 400	300	—	1850	17	60	2,5
	Тонкомолотый шамот	300	0,089—0,1				
	Шамотный песок	500	1,25—2				
	Шамотный щебень	700	5—8				
II	Глиноземистый цемент марки М 400	300	—	1850	15	30	1,5
	Шамотный песок	750	1,25—2				
	Шамотный щебень	750	5—8				
III	Жидкое стекло	350—400	—	2250	18	30	3,5
	Кремнефтористый натрий	40—50	—				
	Тонкомолотый шамот	500	0,2—0,8				
	Шамотный песок	500	1,25—2				
IV	Портландцемент марки М 400	350—400	—	1850	18	30	П
	Диатомовая крошка	800	—				
	Шамотный порошок	350	1				
	Распушенный асбест	250	—				
V	Шамотный заполнитель	900	3—5	1750	16	30	1,8
	Портландцемент	600	—				
	Огнеупорная глина	100	—				
	Асбест	100	—				
	Триполифосфат натрия (Na <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>10</sub> )	25	—				

Примечание. П — потеря фильтрационного сопротивления.

нагревательной печью в положении, обеспечивающем требуемое тепловое воздействие, и закрывали герметичной крышкой.

В корпус установки подавали газ, и с помощью датчиков давления, заделанных в образце, и манометров измеряли разность давления у поверхности образца и в местах установки датчиков  $P_0 - P_e$ .

Образец увлажняли до уровня начального влагосодержания  $U = 0,05$  кг/кг [4] и создавали тепловое воздействие 250—350°С, с различной скоростью  $V$  (30, 60, 80, 100°С/ч),  $V/C = 1$ . После этого образец вновь подвергали фильтрационному воздействию.

При использовании метода фильтра-

ционной диагностики в качестве основного параметра при установлении степени разрушения материала принимали величину коэффициента фильтрации.

Степень изменения фильтрационных характеристик определяется коэффициентом разрушения материала  $k_{\tau}$ , который является количественной оценкой стойкости к интенсивному тепловому воздействию:

$$k_{\tau} = \frac{(a_p^0) t}{a_p^0}$$

где  $a_p^0, (a_p^0) t$  — коэффициенты

фильтрации материала перед и после теплового воздействия, м<sup>2</sup>/ч:

$$a_p^0 = \frac{B R^2}{\Gamma (P_0 - P_e)} \left[ 1 - \left( \frac{l}{R} \right)^2 \right],$$

где  $R$  — расстояние от обогреваемой поверхности образца до оси симметрии, м;  $\Gamma$  — коэффициент формы образца:  $\Gamma = 2$  для пластины,  $\Gamma = 4$  для цилиндра;  $B$  — скорость изменения давления у поверхности образца, МПа/ч.

Приведенное выражение справедливо для режима постоянной скорости изменения давления у поверхности испытуемого материала.

Из таблицы видно, что при увеличении скорости сушки (теплового воздействия) для различных составов обмуровок коэффициент разрушения увеличивается.

### Выводы

При сушке и первом нагреве обмуровок котлов увеличиваются фильтрационные характеристики бетонов, что является результатом происходящих термохимических процессов, а также деструктивных явлений. Последние могут снизить долговечность бетона в процессе эксплуатации или привести к разрушению в период выхода котла на рабочий режим. В связи с этим необходимо ограничить скорость нагрева обмуровок, учитывая также данные настоящих исследований.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сушка монолитных обмуровочных плит / Н. Е. Аврутина, Ю. В. Козлов, А. Г. Олшанская, В. В. Торгашов. — Энергетическое строительство, 1976, № 5.
2. Козлов Ю. В., Имбрицкий В. М. К вопросу о расположении контрольных термометров при сушке обмуровки и первом разогреве паровых котлов. — Энергетическое строительство, 1980, № 3.
3. Методические рекомендации по определению прочностных и структурных характеристик бетонов. — В сб. НИИЖБ, 1976.
4. Ройтман В. М. Оценка огнестойкости конструкций с учетом их взрывообразного разрушения. — В сб.: Огнестойкость строительных конструкций. Вып. 4, М., ВНИИПО, 1976.
5. Козлов Ю. В., Жуков В. В. О режиме сушки обмуровки котлов. — Энергетическое строительство, 1977, № 6.

## Библиография

УДК 69.003:65.014.011.56(063)

## Об АСУ предприятий сборного железобетона

А. З. Ефименко. Методы оптимального планирования и управления предприятиями сборного железобетона в условиях АСУ. Л., Стройиздат, 1978, 200 с.

Одним из направлений технического прогресса в строительстве является совершенствование планирования на основе создания автоматизированных систем управления предприятиями строительной индустрии. Кибернетические методы исследования и создания систем управления разработаны недостаточно полно и слабо освещены в отечественной и зарубежной литературе.

Возрастающее применение экономико-математических методов и вычислительной техники в строительстве вызывает необходимость ознакомления работников

строительной индустрии с новыми разработками в этой области и их методологической основой. Эта задача успешно решена в вышедшей книге А. З. Ефименко.

В ней раскрываются новые экономико-математические методы совершенствования систем планирования и управления предприятиями стройиндустрии на разных иерархических уровнях в условиях АСУ (на примере заводов ЖБИ). Описываются методологические принципы и системный подход к разработке систем управления предприятиями и эко-

номико-математические модели перспективного, годового, календарно-суточного планирования, методы расчета материальных ресурсов и управления качеством железобетонных изделий на различных уровнях, а также проблемы автоматизации управления технологическими процессами.

Для каждой экономико-математической модели приведена краткая постановка задачи с изложением ее организационно-экономической сущности. Интересно отметить, что предложенные автором решения не приводят к проти-

воречиям в организационных и правовых взаимоотношениях между различными иерархическими уровнями управления.

Принципы информационного, математического и технического обеспечения АСУ изложены достаточно полно. Книга А. З. Ефименко имеет целенаправленный характер, отличается логичностью изложения методики перспективного, текущего и оперативного планирования и управления предприятиями стройиндустрии с применением ЭВМ на всех иерархических уровнях, а именно: технологическая линия; предприятие (совокупность технологических линий); система

предприятий (объединение), главк (с учетом кооперированных поставок). Для каждого из уровней приведен полный комплекс задач, обеспечивающих планирование потребности в изделиях, расчет мощности предприятия по обеспечению в потребностях изделий, планирование выпуска изделий с учетом потребностей монтажа и распределение по технологическим линиям предприятия, планирование потребности в ресурсах.

Ценность книги состоит в том, что разработанные автором методы и комплексы алгоритмов, легко реализуемых методом линейного программирования,

проверены практикой и рекомендуются для широкого использования на предприятиях отрасли.

Книга написана доступным языком, имеет большой справочный материал и будет полезна инженерно-техническим работникам, занятым разработкой задач АСУ, плановикам и технологам завода ЖБИ, а также студентам старших курсов политехнических и строительных вузов по специальностям АСУ и производство строительных деталей и конструкций.

**Р. И. ВИНОГРАДОВ,  
В. В. ПОЗДНЯКОВ**  
доктора техн. наук, профессора

## Информация

### Бетоны на пористых заполнителях Дальнего Востока и их применение в строительстве

В октябре 1980 г. во Владивостоке состоялась научно-техническая конференция на указанную выше тему, организованная Приморским краевым комитетом КПСС, краевым правлением НТО стройиндустрии, Дальневосточным Промстройинипроектом и Главвладивостокстроем Минвостокстроя СССР. На конференции представлен и обобщен 20-летний опыт ученых, проектировщиков, работников строительства и строительной индустрии в области повышения эффективности капитального строительства в районах Дальнего Востока путем использования местных эффективных материалов и облегченных конструкций из бетонов на пористых заполнителях.

Дальний Восток располагает богатой сырьевой базой для производства и использования естественных и искусственных пористых заполнителей бетона. Это керамзитовое сырье Приморского и Хабаровского краев, Амурской, Магаданской, Сахалинской областей, перлиты Приморья и Камчатки, вулканические пеплы Магаданской области, шлаки и туфы Камчатки, камчатские и курильские пемзы, туфы, туфодиазомые породы и пористые базальты Приморья, Хабаровского края, Магаданской области, Курил и т. д. Ежегодно на Дальнем Востоке производится около 1 млн м<sup>3</sup> керамзита, только на Камчатке используется около 300 тыс. м<sup>3</sup> природных пористых заполнителей. Выполнен большой комплекс фундаментальных исследований пористых заполнителей, бетонов и конструкций на их основе, разработано свыше 15 инструктивно-нормативных документов, выполнено свыше 40 проектов с использованием эффективных конструкций, освоено производство об-

легченных конструкций из легкого бетона марок от М35 до М600 включительно.

В творческом содружестве с производственниками и строителями Главвладивостокстроя, Главдальвостокстроя, Дальэнергостроя, Приморкрайсельстроя, объединения Камчаткострой, Камчатгражданпроекта и других. Дальневосточным Промстройинипроектом разработаны, изготовлены и внедрены эффективные конструкции с народнохозяйственным экономическим эффектом, исчисляемым миллионами рублей.

На Дальнем Востоке впервые получен и внедрен в промышленное, энергетическое, мелиоративное, сельскохозяйственное строительство высокопрочный мелкозернистый бетон марок М200—М500, отличающийся высокими показателями по плотности, конструктивному качеству, водонепроницаемости, морозостойкости, коррозионной стойкости, долговечности. Из этого бетона изготавливают плиты покрытий и перекрытий, в том числе плиты типа 2Т размером 3×18 м, стойки опор ЛЭП, оголовки мелиоративных систем, плоскопрофилированные сваи, сваи-колонны, лотки и др. В настоящее время получен бетон на дальневосточном керамзите и шлаке до марки М800 включительно.

Вместо привозного шамотного кирпича и бетона на шамотном заполнителе разработан и внедрен жаростойкий керамзитобетон марок М200—М300 для строительства дымовых труб, промышленных печей и других тепловых агрегатов, работающих при температуре 800—1000°С. В промышленном, дорожном и гидротехническом строительстве на Камчатке используют конструкционный и высокопрочный бетон марок

М200—М500 на вулканическом шлаке.

Разработан более экономичный метод высокотемпературного электрообогрева бетонов марок М50—М500 на пористых заполнителях, обеспечивающий необходимое качество изделий.

На конференцию представлено свыше 80 докладов и сообщений по следующим темам: пористые заполнители, технология изготовления изделий и конструкций; структура и свойства бетона, долговечность, коррозионная стойкость; химические и минеральные добавки в бетоны; контроль качества, применение бетонов на пористых заполнителях.

Ученые, проектировщики, специалисты из более чем 20 городов страны обменялись опытом внедрения, результатами исследований в области бетонов на пористых заполнителях и облегченных конструкций, обсудили методы исследований и расчетов, наметили перспективы развития легkobетонного строительства в дальневосточных районах.

На конференции выступили специалисты Владивостока, Хабаровска, Красноярска, Сахалина, Камчатки и других районов Дальнего Востока. Значительный интерес вызвали выступления ученых Москвы, Ленинграда, Киева, Днепропетровска, Львова, Горького, Тбилиси, Челябинска, Новосибирска, Липецка, Донецка и др. Были определены основные направления исследования и перспективы развития легких бетонов в целом по стране.

Материалы конференции опубликованы в двухтомном сборнике «Бетоны на пористых заполнителях Дальнего Востока и их применение в строительстве» (Владивосток, 1980).

**Л. А. КУЗНЕЦОВА**, канд. техн. наук

УДК 693.554.002.5

Роженко М. Д. Совершенствование оборудования для изготовления арматурных сеток. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 6—7. Изложены результаты комплексной работы по созданию нового высокопроизводительного оборудования для автоматизации изготовления сварных арматурных сеток, унификации параметров сеток и разработки стандартов на них.

УДК 691.87:693.554.002.5

Волков Л. А. Развитие автоматизированных линий и оборудования для производства арматурных сеток. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 8—10.

Отражено состояние производства и направления развития оборудования автоматизированных линий для изготовления арматурных сеток железобетонных изделий. Приведены основные технические параметры оборудования и линий. Ил. 2, список лит.: 5 назв.

УДК 691.87:691.714

Автоматизация заготовки и натяжения высокопрочной стержневой арматурной стали/В. Д. Досюк, В. С. Подлесных, А. В. Андрейченко и др. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 10—11.

Описана автоматизированная технология заготовки и натяжения высокопрочной стержневой арматурной стали, внедрения на заводе ЖБИК в Ивано-Франковске. Опыт применения линии ДМ-2 при изготовлении пустотных настилов показал, что трудоемкость арматурных работ и затраты электроэнергии снизились в 3 раза, расход напрягаемой стали — на 20%. Ил. 1, табл. 1, список лит.: 3 назв.

УДК 693.554.1:621.778.28

Вайнтриб Э. С. Совершенствование процесса заготовки арматур-

ных стержней на правильно-отрезных станках. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 13—14.

Изложены результаты исследований правильно-отрезных станков, направленных на повышение производительности и точности их работы. Описаны новые технические решения по основным узлам станков, разработанные на основе этих исследований. Ил. 2.

УДК 691.87:693.554

Хайт И. Г., Дубровин Ф. М., Онуприенко В. И. Высадка анкерных головок на стержневой высокопрочной арматуре. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 15.

Приводится новая конструкция рабочего органа станка для высадки анкерных головок на стержневой высокопрочной арматуре, обеспечивающая стабильно высокую прочность головок. Представлены результаты исследований образцов термоупрочненной арматуры, высаженных на опытном станке. Ил. 2.

УДК 691.87:691.714

Терещенко Л. Ф. Исследование процесса гибки арматурных стержней. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 16—17.

Описаны экспериментальные исследования процесса гибки арматурных стержней. Получены зависимости основных параметров процесса гибки, угла пружины, радиуса загиба и изгибающего момента от характеристики стержней и условий гибки. Приведенные формулы позволяют получить необходимые данные при создании гибочного оборудования и при проектировании арматурных каркасов для различных сочетаний параметров гибки. Ил. 2, список лит.: 4 назв.

УДК 693.554

Ситников Ю. В. Особенности арматурных работ на строительстве Костомукшского ГОКа. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 18—19. Изложены особенности арматурных работ, выполняемых Финн-строем на строительстве Костомукшского ГОКа. Описаны устройство и приспособления, применяемые финскими специалистами при ручной вязке арматурных конструкций.

УДК 624.073:725.4

Маркус Я. И., Янкевич М. А., Рубач О. М. Назначение и применение марок плит покрытий промзданий. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 20—21.

Проведен анализ применения ребристых плит покрытий в проектах и в строительстве одноэтажных промзданий по данным проектов 42 объектов, а также по сведениям о плитах, выпускаемых предприятиями сборного железобетона УССР.

Выявлено завышение несущей способности применяемых плит по сравнению с требуемой проектом. Приведены результаты оптимизации серии плит на основе полученных потребностей. Ил. 1, табл. 2, список лит.: 3 назв.

УДК 691.327:666.973.2:666.64—492.3:620.191.33

Шур И. П., Кудрявцев А. А. Трещиностойкость изгибасмых элементов из керамзитобетона низких марок. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 21—22.

Приведены результаты исследований трещиностойкости обычных и преднапряженных керамзитобетонных элементов марок М 75-150. Установлено, что трещиностойкость элементов следует определять с учетом максимальной усадки бетона, а раскрытие трещин может определяться по формулам СНиП II-21-75 без увеличения на 30%. Ил. 1.

УДК 624.012.45.001

Васильев А. П., Голосов В. Н. Состояние и перспективы развития конструкций с внешним армированием. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 23—24.

Рассмотрены рациональные области применения конструкций с внешним угловым армированием, гладкой листовой сталью и стальным профилированным настилом. Показаны преимущества конструкции с внешним армированием. Ил. 3, список лит.: 5 назв.

УДК 691.327:022—413

Трехслойные стеновые панели с гибкими связями и эффективным утеплителем/Ю. С. Чиненков, А. А. Евдокимов, Г. Е. Колосов и др. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 25—26. Приводятся данные о трехслойных наружных стеновых панелях, разработанных для сельскохозяйственных, промышленных и общественных зданий. Указываются области их применения и экономическая эффективность. Даются краткие сведения о результатах испытания панелей и гибких связей. Ил. 3.

УДК 624.073:691.327:666.9—128

Полтавцев С. И. Выносливость мелкозернистых бетонов для панелей основания раздельного пола. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 26—27.

Представлены результаты исследования выносливости мелкозернистых легких бетонов для производства плит основания раздельного пола, лежащих на упругомягком звукоизоляционном слое. Испытания выполнены с помощью пульсационной установки рычажного типа на базе прибора МИИ-100. Ил. 2.

УДК 691.87:693.554

Муромский К. П., Макаричев В. В. Особенности работы сжатой арматуры в конструкциях из ячеистого бетона. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 28—29.

Изложены результаты исследований работы сжатой арматуры в ячеистом бетоне. Приведены величины расчетных сопротивлений арматуры сжато для конструкций из ячеистого бетона. Ил. 4, табл. 2, список лит.: 3 назв.

УДК 666.97.015

Кинетика твердения бетона на СБТЦ при разных температурах/А. В. Волженский, Т. А. Карпова, В. Ф. Афанасьева и др. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 32—33.

Приведены состав и технология сверхбыстротвердеющего алюмосульфатно-шлакового цемента, разработанного в МИСИ. Показаны результаты исследований бетонов на АСШЦ при твердении их в условиях разных температур. Ил. 1, табл. 2, список лит.: 3 назв.

УДК 666.946.1

Быстротвердеющий цемент-бесалит/И. В. Крапченко, Т. В. Кузнецова, Л. Л. Астанский и др. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 30—31.

Разработан новый вид быстротвердеющего цемента, обеспечивающего через 2 ч. твердения прочность 15 МПа. Применение его на заводе ЖБИ позволило исключить из технологического цикла тепловлажностную обработку изделий. Ил. 3, табл. 2, список лит.: 3 назв.

УДК 691.327:691.33

Сидорова А. В., Куркина Л. В. Бетон с использованием топливного шлака. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 35.

Приведены результаты исследования прочностных и деформативных свойств бетонов на заполнителе из топливного шлака. Полученные характеристики, подтвержденные заводскими испытаниями опытных конструкций из шлакожелезобетона, в основном соответствуют СНиП II-21-75, что позволяет рекомендовать использование топливного шлака в качестве заполнителя обычного бетона. Табл. 2.

УДК 693.542.4

УДК 693.542.3

Барский Р. Г., Силаев А. Б., Скрипка О. В. Последовательно-параллельный способ дозирования. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 41.

Описан способ дозирования компонентов дозаторами дискретного типа, позволяющий корректировать дозы без снижения производительности. Приведена сравнительная оценка данного способа с традиционными. Ил. 1.

УДК 693.546

Ткачук В. Ф. Устройство для выбора режимов виброуплотнения бетонной смеси в объемно-переставной опалубке. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 42—43.

На основании опыта строительства в Кишиневе предложено устройство по определению режимов виброуплотнения бетонной смеси при возведении зданий из монолитного железобетона в объемно-переставной опалубке. Ил. 2, список лит.: 2 назв.

УДК 624.073:539.384.2

Зырянов В. С. Ограничение предельных прогибов плит, опертых по контуру. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 43—44.

Приведены дополнения и некоторые уточнения существующей методики расчета предельных прогибов свободно опертых по контуру прямоугольных плит. Даны рекомендации по ограничению величин прогибов, определяемых из расчета, с помощью предельного условия, полученного на основании анализа некоторых экспериментальных исследований. Ил. 2, список лит.: 6 назв.

УДК 697.326

Имбрицкий В. М. Стойкость обмуровки котлов при высокотемпературном воздействии. — Бетон и железобетон, 1981, № 3, с. 44—45.

Приведены результаты выполненных в МИСИ исследований изменения фильтрационных характеристик бетонов, применяемых в обмуровках котлов. Полученные данные можно учитывать при сушке и первом нагреве обмуровки с целью получения материалов с высокими показателями по долговечности при эксплуатации и стойкости при выводе котла на рабочий режим. Табл. 1, список лит.: 5 назв.

CONTENTS

*Nosenko N. E.* Industrialization of reinforcement works in construction from in-situ reinforced concrete  
*Rozhnenko M. D.* Improvement of equipment for reinforcing nets production  
*Volkov L. A.* Development of automatic lines and equipment for reinforcing nets production  
*Dosyuk V. D., Podlesnykh V. S., Andreichenko A. V., Pjanykh V. V., Madatyan S. A.* Automation of cutting and tensioning of high-strength bar reinforcement  
*Mikhailov K. V., Mulin N. M., Rogalin Yu. A.* Calculation methods of demands and economy in reinforcing steels for construction  
*Vaintrub E. S.* Improvement of reinforcing bars cutting process on straighteners and cutting-off machines  
*Khait I. G., Dubrovin F. M., Onuprienko V. I.* Upset of anchor heads on bar high-strength reinforcement  
*Tereschenko L. F.* Study of process of reinforcing bars bending  
*Degtyarev V. S.* Classification of hot-rolled reinforcing bars  
*Sitnikov Yu. V.* Peculiarities of reinforcing works in construction of Kostomukshsky mining and concentrating mill  
*Chudakov V. V., Sidorkin V. I., Borodin P. V., Golikov V. E., Vdovin S. S., Minkin B. R.* Application experience of new equipment for reinforcing and welding works  
*Markus Ya. I., Yankelevich M. A., Rubach O. M.* Design and application of slabs sort for roofings of industry buildings  
*Poltavtsev S. I.* Durability of fine-grained concretes for panels of composite floor  
*Muromsky K. P., Makarichev V. V.* Peculiarities of compressed reinforcement behaviour in structures from cellular concrete  
*Volzhensky A. V., Karpova T. A., Afanasieva V. F., Mironov S. A., Vysotsky S. A.* Kinetics of concrete on especially quick hardening cements under different temperatures  
*Vorotovova T. S., Sakharova V. A.* Influence of sand grain composition on its water requirements  
*Kravchenko I. V., Kuznetsova T. V., Astansky L. L., Kharlamov V. A., Brusilov A. V.* Quick-hardening cement — besalit

CONTENU

*Nocenko N. E.* L'industrialisation des travaux le ferrailage pendant la construction avec l'application du béton arme monolithe  
*Rozhnenko M. D.* Le perfectionnement de l'équipement pour la production de réseaux des armatures  
*Volkov L. A.* Le développement de lignes automatiques d'équipement pour la production de réseaux des armatures  
*Dossuk V. D., Podlesnykh V. S., Andreytchenko A. V., Pjanykh V. V., Madatjan S. A.* L'automatisation de préparation et de mise en tension des armatures en barres à haute résistance  
*Mikhailov K. V., Mouline N. M., Rogatine Y. A.* La méthodologie de calcul de besoin et d'économie des aciers dans la construction  
*Vayntroub E. S.* Le perfectionnement de processus de préparation des barres d'armature à la presse à dresser et à tronçonner  
*Khait I. G., Doubrovine Ph. M., Onourienko V. I.* Le refoulement des têtes d'ancrage sur des armatures en barres à haute resistance  
*Tereshchenko L. Ph.* Les études de processus de pliage des barres d'armature  
*Degtyarev V. S.* La classification des barres d'armature laminées à chaud  
*Sitnikov Y. V.* Les particularités de réalisation des travaux de ferrailage à la construction de l'ensemble des entreprises pour l'enrichissement des mineral  
*Tchoutakov V. V., Sidorkine V. I., Borodine P. V., Golikov V. E., Vdovine S. S., Minkine B. R.* L'expérience de la mise en production de l'équipement nouveau pour les travaux de soudage des armatures  
*Markous Ja. I., Jankelevitch M. A., Roubatch O.* La destination et l'application des types des dalles dans les revêtements des bâtiments industriels  
*Poltavtsev S. I.* La résistance des bétons à grains fins utilisés dans les panneaux des fondations du sol separé  
*Mouromsky K. P., Makaritchev V. V.* Les particularités de service des armatures comprimées dans les structures en béton cellulaire  
*Volzhensky A. V., Karpova T. A., Afanasjeva V. Ph., Mironov S. A., Vysotsky S. A.* La cinétique de durcissement du béton sur la base du ciment à un durcissement particulièrement rapide sous les températures différentes

INHALT

*N. E. Nossenko.* Industrialisierung der Bewehrungsarbeiten beim Bauen aus monolithem Stahlbeton  
*M. D. Roshnenko.* Vervollkommung der Ausrüstung zur Herstellung von Bewehrungsmatten  
*L. A. Volkov.* Entwicklung der automatisierten Fertigungsstrassen und der Ausrüstung zur Herstellung von Bewehrungsmatten.  
*W. D. Dossjuk, W. S. Podlessnych, A. W. Anderejtschenko, W. W. P'janych, S. A. Madatjan.* Automatisierung bei Bereitstellung und Aufspannung der hochfesten Stabbewehrung  
*K. W. Michajlov, N. M. Mulin, J. A. Rogalin.* Berechnungsmethodik für Bedarf und Einsparung von Bewehrungsstählen im Bauwesen  
*E. S. Waintrub.* Vervollkommung der Vorgänge bei Bereitstellung von Bewehrungsstäben and Richt — und Schneimaschinen  
*I. G. Hatt, F. M. Dubrovin, W. I. Onuprienko.* Stauchung der Ankerköpfe an hochfester Stabbewehrung  
*L. F. Tereschtschenko.* Untersuchung der Vorgänge beim Biegen der Bewehrungsstäbe  
*W. S. Degtyarev.* Aussortierung warmgewalzter Bewehrungsstäbe  
*J. W. Ssitnikov.* Besonderheiten der Bewehrungsarbeiten beim Bauen des Aufbereitungskombinats Koss — tomuksch  
*W. W. Tschudakov, W. I. Ssidorkin, P. W. Borodin, W. E. Golikov, S. S. Wdovin, B. R. Minkin.* Erfahrungen bei Einführung der neuen Ausrüstung zum Bewehrungsschweissen  
*J. I. Markus, M. A. Jankelevitsch, O. M. Rubatsch.* Bestimmung und Anwendung neuer Dachplattenmarken für Industriebauten  
*S. I. Poltavtzev.* Dauerfestigkeit von Feinbetonen für Grundplatten für geteilte Boden  
*K. P. Muromskij, W. W. Makaritschev.* Besonderheiten der Druckbewehrungsarbeiten in Konstruktionen aus Zellenbeton  
*A. W. Wolshenskiy, T. A. Karpova, W. F. Afanassjeva, S. A. Mironov, S. A. Wyssotzkij.* Erhärtungskinetik von mit Superrapidzement aufbereitetem Beton bei verschiedenen Temperaturen

Редакционная коллегия: И. Н. Ахвердов, Ю. М. Баженов, В. Н. Байков, А. И. Буракас, А. С. Векшин, Ю. В. Волокнинский, А. А. Гвоздев, А. М. Горшков, П. А. Деменюк, В. Т. Ильин, Н. М. Колоколов, М. Г. Костоковский, В. В. Михайлов, К. В. Михайлов (главный редактор), В. М. Москвин, 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 Стигнеева О. В.

Сдано в набор 13.01.81.  
 Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>8</sub>  
 Тираж 18 090 экз.

Печать высокая

Подписано в печать 27.02.81.

Усл. печ. л. 6

T-01171  
 Уч.-изд. л. 8,90  
 Заказ 20

Адрес редакции:  
 101442, ГСП, Москва, К-6, Каляевская, 23а  
 Тел. 258-18-54, 258-24-76

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

# Авторские свидетельства

## № 14\*

№ 727787. Р. Н. Мацелинский, А. Г. Дашков и А. И. Якимов. Сибирский научно-исследовательский и проектный ин-т газонефтепромышленного строительства. **Панель покрытия.**

№ 727788. Т. М. Пецольт, Т. А. Погребняк, А. А. Давидович и др. Белорусский политехнический ин-т. **Плита покрытия.**

№ 727789. В. М. Лапшинов. Балка. № 727794. С. С. Давыдов, А. В. Носарев, А. С. Жиров и др. МИИТ. **Строительный элемент.**

№ 727795. Н. И. Шамриков. СКТБ по промышленности строительной индустрии. **Арматурный каркас.**

№ 727796. В. И. Кулиш. Хабаровский политехнический ин-т. **Арматурный элемент.**

№ 727797. С. Л. Фомин. Промстройинипроект. **Арматура для предварительного напряженных железобетонных конструкций.**

№ 727810. А. Н. Тетюр и А. А. Рубель. **Опалубка для изготовления оболочек типа «шпар».**

№ 727811. А. А. Иванов, В. В. Лазовский, В. М. Лившиц и др. Сибирский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства и проектная контора Новосибирсксельхозтехпроект. **Опалубка для возведения цилиндрической оболочки.**

№ 727812. А. В. Хачатрян, А. А. Татевосян и Г. Г. Абраамян. Гидроспецпроект. **Опалубка для возведения туннеля.**

№ 727813. И. Ф. Евсеев, М. Б. Поспелов и В. А. Шилов. Оргэнергострой. **Опалубка балочного монолитного перекрытия.**

№ 727814. Л. А. Баранов, Г. М. Еремеев, А. А. Кирста и В. В. Птенцов. МИИТ. **Способ контроля натяжения арматуры на бетон.**

№ 727815. И. Г. Альтман, В. Д. Лихачев, С. Я. Хомутченко и Н. Д. Хрипун. Донецкий Промстройинипроект. **Устройство для натяжения арматуры.**

№ 727819. В. А. Уткин, М. Б. Джуринский, А. И. Горбатов и др. Оргэнергострой и Атомэнергостройпроект. **Железобетонная башенная градирня.**

№ 727820. В. С. Рожков, Н. Г. Паршутин, Л. Е. Шебанова и Ю. В. Вихорев. **Устройство для крепления вертикального сосуда в бетонной шахте.**

№ 727824. О. В. Карнец и Ю. А. Сутурин. Иркутский Промстройпроект. **Хранилище сыпучих материалов.**

№ 727825. В. М. Меламед. ЦНИИЭП спортивных зданий и сооружений. **Многоэтажное сейсмостойкое здание.**

## № 15

№ 729057. В. В. Помазков, Л. Г. Гольденберг, В. Т. Перцев и

В. Г. Пыльнев. Воронежский ИСИ. **Способ формования бетонных изделий.** № 729058. А. Г. Маслов. Кременчугский филиал Харьковского политехнического ин-та. **Виброплощадка.**

№ 729059. Э. А. Курносков и Л. Г. Кравцов. Рижский политехнический ин-т. **Установка для формования изделий преимущественно из ячеистых бетонных смесей.**

№ 729060. В. И. Гуйтур. Одесский инженерно-строительный ин-т. **Устройство для формования изделий из бетонных смесей.**

№ 729062. Е. Б. Терехов. **Борт формы для изготовления железобетонных изделий.**

№ 729063. Т. М. Пецольт, В. В. Тарасов, Т. П. Минченя и Р. А. Гершанок. Белорусский политехнический ин-т. **Диафрагма для формования изделий из бетонных смесей.**

## № 15\*

№ 729169. Б. А. Крылов, Э. А. Пищалко и А. И. Головченко. Волгоградский инженерно-строительный ин-т. **Способ автоматического управления тепловой обработкой бетонных изделий.**

№ 729170. А. С. Арбенев, А. И. Гныря, С. Н. Пинчуков и А. П. Шешуков. Томский инженерно-строительный ин-т. **Устройство для электропрогрева бетонных смесей.**

№ 729322. М. З. Каган и Э. П. Зубова. Очаковский з-д ЖБК. **Железобетонный элемент преимущественно сборных оболочек.**

## № 16

№ 730568. С. А. Полонская, А. В. Зыскин и В. П. Артемцев. НИИСП. **Способ изготовления изделий из подвижных бетонных смесей.**

№ 730569. А. И. Обухов. ЛенЗНИИЭП. **Устройство для распалубки и сборки форм при изготовлении строительных изделий.**

№ 730570. М. Б. Капран и Х. М. Рабиневич. Ин-т по проектированию предприятий строительной индустрии г. Москвы. **Устройство для отделки поверхности железобетонных изделий.**

№ 730649. И. Е. Путляев, Ш. Махмудов, С. А. Алимов и В. В. Патуроев. Среднеазиатский НИИ ирригации. **Бетонная смесь.**

№ 730650. В. Д. Глуховский, Л. Е. Демьянова, П. В. Кривенко и др. КИСИ. **Сырьевая смесь для изготовления жаростойкого бетона.**

№ 730652. Я. И. Швидко. МИИТ. **Способ изготовления армированных полимерных изделий.**

№ 730653. Н. Г. Кудояров, В. Г. Хозин, Н. Д. Ибрагимова и др. КИСИ. **Полимербетонная смесь.**

№ 730654. И. А. Женжурист, О. С. Сироткин, В. М. Гонюк и др. Казанский химико-технологический ин-т и Татарское ПО промышленности строительных материалов. **Сырьевая смесь изготовления легкого жаростойкого бетона.**

№ 730941. А. О. Саакян, Р. О. Саакян и С. Х. Шахназарян. СПКБ Минпромстроя АрмССР. **Способ монтажа каркаса здания.**

№ 730943. И. Н. Герасимов, Ф. Х. Ахметзянов, Г. П. Иванов и П. П. Мурашко. КИСИ. **Строительный элемент.**

№ 730947. Э. И. Левин. Оргэнергострой. **Вибратор для уплотнения бетонных смесей.**

## № 17

№ 732138. Э. С. Лифшиц, Г. И. Зембовский и А. С. Татаринев. ЦНИИЭП жилища. **Конвейерная линия для изготовления железобетонных изделий кассетным методом.**

№ 732472. А. П. Васильев, И. Г. Матков и В. В. Иванов. НИИЖБ. **Сборная колонна.**

№ 732476. Н. А. Минин. КБ по железобетону Госстроя РСФСР. **Устройство для группового натяжения и последующего отпуска арматуры.**

№ 732477. А. П. Зуев, В. И. Новиков и И. К. Ванин. **Устройство для набрызгивания бетонной смеси.**

№ 732534. Е. С. Гуменников, Я. С. Пыжьянов, А. М. Карпов и С. Ф. Северин. **Бескаркасная опалубка для бетонирования вертикальных горных выработок.**

№ 732536. Г. С. Циньковский. Днепрогирпрошахт. **Металлобетонная крепь для горных выработок.**

## № 18

№ 733984. А. А. Цейтлин, В. С. Обухова, А. Л. Подгорный и др. НИИСК, КИСИ и Украинская сельскохозяйственная академия. **Устройство для формирования бетонных изделий криволинейного профиля.**

№ 733985. И. Т. Назаров и Н. И. Назарова. **Виброплощадка для формования изделий из бетонных смесей.**

№ 733988. И. М. Резников, А. А. Макеев, Э. Я. Эршлер и др. ВНПО Союзжелезобетон. **Способ восстановления деформированных и изношенных частей форм.**

№ 733989. В. П. Виноградов, В. Е. Кожарин, К. К. Михайлов и А. Р. Фрейманис. Ленинградский филиал Оргэнергострой. **Установка для изготовления длинномерных железобетонных изделий.**

№ 733994. В. И. Калашников. Пензенский инженерно-строительный ин-т. **Устройство для резки ячеистого бетона.**

№ 733997. О. В. Еременко и Р. В. Крюков. ЦНИИЭП жилища. **Устройство для образования пустот в изделиях из бетонных смесей.**

№ 734000. В. М. Бельский и Л. Г. Курбатов. ЛенЗНИИЭП. **Устройство для приготовления дисперсно армированной железобетонной смеси.**

№ 734002. Л. И. Васильев, О. М. Апанович и В. В. Соусь. ПКБ Минсельстроя БССР. **Бетонорастворный узел.**

№ 734159. К. К. Тихонович и Н. Н. Тептюк. **Способ приготовления гипсобетонной смеси.**

\* См.: Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1980.

Pfefferle P. *Нелинейная ползучесть бетона*. — Beton u. Stahlbetonbau, 1979, № 12, S. 296—301, III.

Анализ закона ползучести бетона на основе модели Фойгта—Келвина при линейной зависимости между напряжениями и деформациями, позволяющий для некоторого фиксированного времени получить значение деформаций через известное в данный момент напряжение. Континуальная модель ползучести в этом случае находится рассмотрением суммы дискретных моделей при числе параметров, стремящихся к бесконечности, а ползучесть реализуется в виде интегрального уравнения. Анализ реологической модели с учетом демпфирования ползучести по времени. Сравнение опытных результатов с экспериментальными. Дифференциальные уравнения, характеризующие нелинейный закон ползучести, решения для некоторых граничных условий. Более достоверны результаты при детальном учете реологических свойств материала.

Křiml F. *Обратимая и необратимая части ползучести бетона*. — Stavebnícky časopis, 1980, № 5, S. 387—399, il., tabl. — Bibliogr.: 4 ref.

Результаты экспериментов по изучению ползучести как функции марки бетона, возраста бетона к началу нагружения и продолжительности нагружения.

Begru E. E. *Прочностные свойства цементного раствора на смешанных вяжущих*. — Cement a. Concrete research, 1980, vol. 10, № 1, p. 1—11, il. — Bibliogr.: 28 ref.

Результаты исследования прочности раствора на обычном портландцементе, доменном гранулированном шлаке двух составов (шлак I и шлак II), а также золе-уносе от сжигания битуминозного (зола I) и суббитуминозного (зола II) угля. Прочность на сжатие образцов из раствора на двухкомпонентном смешанном вяжущем (портландцемент—зола I и II) в возрасте 3 и 7 сут значительно ниже прочности образцов из раствора на портландцементе, кроме образцов на вяжущем, содержащем 10 и 20% золы I. Прочность образцов на вяжущем, содержащем шлак I, в возрасте 28 сут близка к прочности образцов из раствора на портландцементе. Прочность образцов из раствора на смешанном вяжущем в возрасте 91 сут превосходит прочность образцов из раствора на портландцементе или равна ей.

Tavano S. *Свойства бетона с суперпластификатором*. — Precast concrete, 1979, vol. 10, № 12, p. 567—570; 1980, vol. 11, № 1, p. 16—19.

Результаты исследования влияния суперпластификатора Melment I-10 на физико-механические свойства бетона. Добавка суперпластификатора повышала прочность бетона на сжатие, особенно в раннем возрасте, и увеличива-

ла прочность на изгиб и модуль упругости. Различия в прочности на изгиб в возрасте 28 сут между бетоном с добавкой суперпластификатора и без него достигало 1,7 Н/мм<sup>2</sup> и в дальнейшем практически не изменялось. Модуль упругости для бетона в возрасте 28 и 120 сут отличался на 0,9 и 4,44 Н/мм<sup>2</sup> соответственно. Уменьшение содержания воды в бетоне с суперпластификатором в возрасте 7 сут значительно снижает усадку. В раннем возрасте горячий бетон обладает более высокой прочностью на сжатие. Пропаривание горячего бетона с суперпластификатором улучшает его свойства больше, чем обычного бетона с таким же содержанием суперпластификатора.

*Коррозионная стойкость цементов и бетонов в растворах солей* / И. Симеонов, Е. Милетова, М. Раденкова, К. Славов. — Строительни материали и силикатна промишленост, 1980, № 6, с. 3—6, ил. — Библиогр.: 6 назв.

Методика и результаты проведенного в Болгарии исследования коррозионной стойкости цементов и бетонов в растворах MgSO<sub>4</sub> и NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. Исследовали цементы различного минерального состава с ограниченным и повышенным содержанием С<sub>3</sub>A. Установлена высокая стойкость низкоалюминатного цемента в условиях чисто сульфатной агрессии. На базе исследованных цементов созданы бетоны с различным содержанием цемента и исследована их коррозионная стойкость при воздействии солей. Показана зависимость стойкости бетонов от количества цементного камня, подвергающегося воздействию агрессивных реагентов.

Komlóš K. *Возможности использования отходов металла в качестве волнокистой арматуры для бетона*. — Stavivo, 1980, № 6, S. 231—233, il. — Bibliogr.: 5 ref.

Описание исследований проведенных в Институте строительства и архитектуры АН Словакии для определения возможности использования отходов проволоки при дисперсном армировании бетона. Использование отходов производства проволочных щеток. Результаты испытания полученных дисперсно-армированных бетонов.

Zаркова Л. *Зависимость прочности легких бетонов на пористом заполнителе от режима термообработки*. — Строительни материали и силикатна промишленост, 1980, № 6, с. 7—12, ил., tabl. — Библиогр.: 2 назв.

Методика и результаты исследований, проведенных в Болгарии для определения оптимальных режимов термообработки бетонов на пористом заполнителе методом математического эксперимента. Изучены интенсивность подъема температуры, продолжительность изотермического нагрева, температура нагрева. Получены адекватные регресси-

онные уравнения прочности после пропаривания на 28 сут. Построены номограммы для проектирования тепловых режимов.

Gates W. E. *Крупноразмерные легкобетонные стеновые панели здания торгового центра в Великобритании*. — Concrete, 1979, vol. 13, № 12, p. 12—15, il.

Ограждающие стеновые панели для 3-этажного здания торгового центра со стальным каркасом. Использовали панели двух типов: высотой 6,1 (для первых двух этажей) и высотой 3,02 м (для 3-го этажа). Панели первого типа шириной до 1,8 м и массой 4616 кг (сечение — швеллер с полкой шириной 983 мм) изготавливали из бетона на белом цементе на пористом заполнителе объемной массой 1820 кг/м<sup>3</sup>. Лицевая поверхность панели шлифуется путем укладки на дно форм резиновых матов со специальным рифлением. Швы герметизируются упругими неопреновыми жгутами без увлажнения. Перекрытия здания — из монолитного железобетона, возведенные в инвентарной опалубке. Приведены чертежи деталей крепления панелей к каркасу.

Raschen H. *Допуски при изготовлении сборных железобетонных конструкций*. — Betonwerk+Fertigteil — Technik, 1979, № 12, S. 717—722, III.

Необходимость обеспечения точности при изготовлении сборных железобетонных конструкций с учетом допустимых отклонений размеров по длине, ширине, высоте, толщине, плоскостности, с учетом изменения форм в процессе работ и функциональных требований к конструкциям стыков. Анализ требований нормативных документов по допускам. Графики разброса контролируемых параметров, которые в большинстве случаев соответствуют нормальному (Гауссову) закону распределения.

Chomczik P. *Новые системы опалубки для бетонирования резервуаров для воды и сточков*. — Inżynieria i budownictwo, 1980, № 5, S. 171—173.

Две системы опалубки — скользящая и переставная «интегрированная», — применяемые при возведении стен железобетонных резервуаров методами поэтапного и непрерывного бетонирования.

Stupa J. *Оборудование, облегчающее контрольные испытания бетона и бетонной смеси*. — Stavivo, 1980, № 6, S. 249—250, il.

Внедренные в ЧССР неразъемные формы для изготовления бетонных образцов-кубов и приспособления для определения удобообрабатываемости и степени уплотнения бетонной смеси непосредственно в изделии. Оборудование предназначено для применения на заводах ЖБИ и больших стройках.