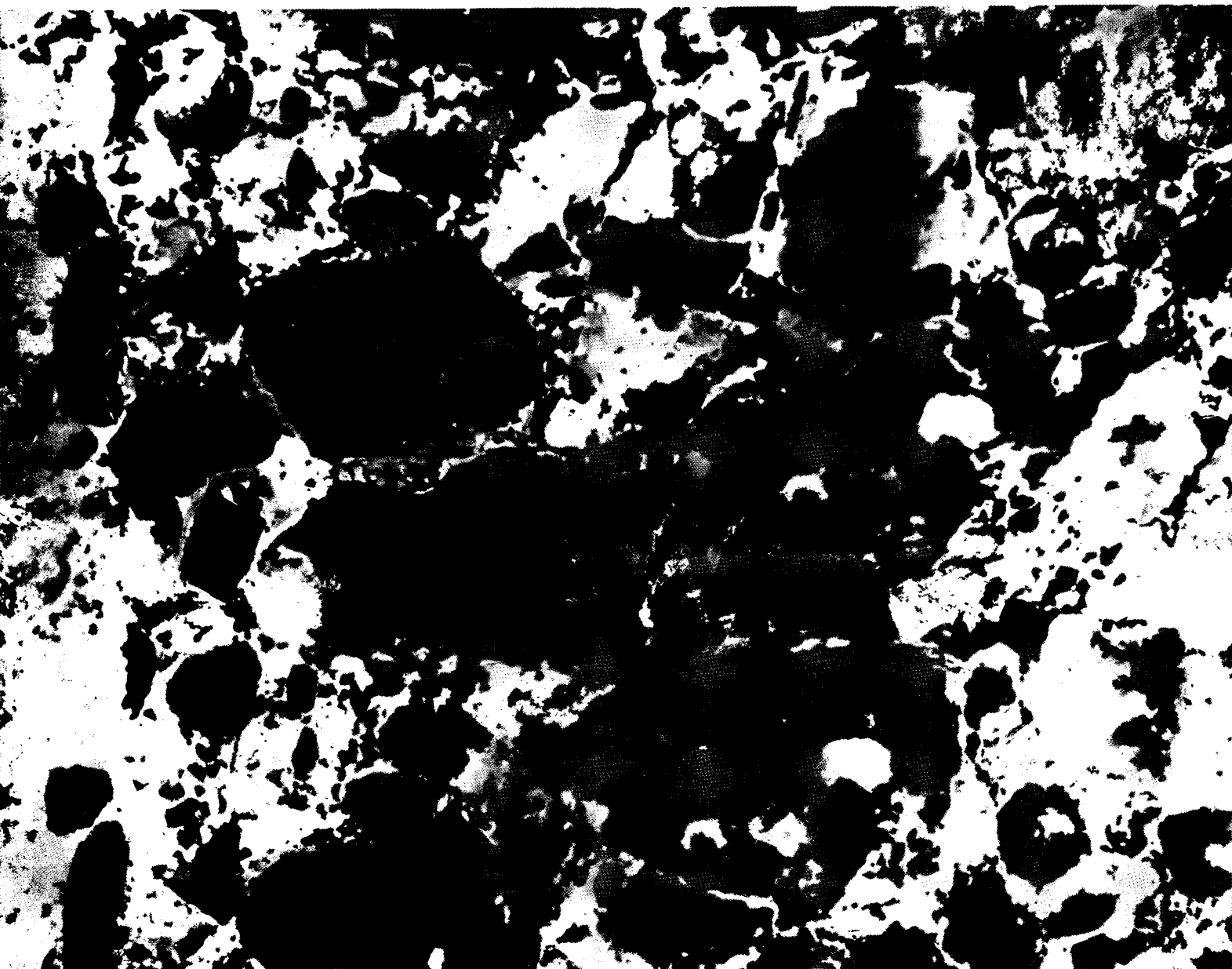


27

# БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

6

2001



2001, № 6



предлагает современные малогабаритные приборы,  
неразрушающего контроля и управления

**ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ПУЛЬСАР-1** - универсальный ультразвуковой измеритель  
**ОНИКС-2.3/2.4** - ударно-импульсный измеритель  
**ОНИКС-3.0** - измеритель плотности материалов

**ИЗМЕРИТЕЛИ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА**

**ПОИСК-2.3** - прибор для определения толщины защитного слоя бетона и диаметра арматуры  
**ПОИСК-2.4** - измеритель защитного слоя бетона

**ВЛАГОМЕРЫ**

**ВИМС-1** - универсальный влагомер для твердых и сыпучих материалов (зарегистрирован в Гос. реестре типовых средств измерений под № 21713-01)

**ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ И ПАРАМЕТРОВ ВИБРОКОЛЕБАНИЙ**

**ИНК-2.3** - измеритель механических напряжений  
**ВИСТ-2/2.3** - виброметр  
**ИНК-2.3К** - комбинированный измеритель напряжений и параметров виброколебаний  
**ВИБРАН-1** - виброанализатор регистрирующий

**ДЕФЕКТОСКОПЫ**

**ВДЛ-5М** - прибор для выявления микротрещин в металлических конструкциях

**МНОГОКАНАЛЬНЫЕ РЕГИСТРАТОРЫ / РЕГУЛЯТОРЫ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ**

**РТМ-5** - регулятор-регистратор многоканальный для программной термообработки бетона  
**ТЕРЕМ-3** - многоканальный регистратор температуры и влажности (зарегистрирован в Гос. реестре типовых средств измерений под № 21232-01)  
**ТЕРЕМ-3.1** - модификация регистратора для программной обработки бетона

**МОБИЛЬНЫЕ РЕГИСТРАТОРЫ ТЕМПЕРАТУРЫ**

**РТВ-2** - терморегистратор мобильный автономный  
**ТЕРМОКОМ-4** - комплекс термографический на базе РТВ-2  
**ТЕРМОСКОП-1** - прибор для считывания данных с РТВ-2

**ИЗМЕРИТЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

**МИТ-1** - измеритель теплопроводности строительных материалов

**ТЕРМОГИГРОМЕТРЫ И ТЕРМОМЕТРЫ МАЛОИНЕРЦИОННЫЕ**

**ТГ-1** - регистрирующий термогигрометр для воздушных и газовых сред  
**ТЕМП-1** - серия цифровых термометров

**ПРИБОРЫ СЕРТИФИЦИРОВАНЫ И ИМЕЮТ:**

- ♦ расширенные диапазоны параметров
- ♦ интеллектуальную обработку информации
- ♦ графический дисплей с подсветкой
- ♦ инфракрасный оптоинтерфейс
- ♦ программы компьютерной обработки
- ♦ аккумуляторное питание

454080,  
Челябинск - 80, а/я 9544  
тел/факс: (3512) 655-638, 608-742  
E-mail: carat@chel.surnet.ru  
http://www.carat-ndt.ru  
Московское представительство  
в НИИЖБ тел. 174-75-13, 174-74-49  
E-mail: carat@niizhb.ru

Издается с апреля 1955 г.

Учредители:  
НИИЖБ, ВНИИжелезобетон

## СОДЕРЖАНИЕ

### БЕТОНЫ

*ШАПОВАЛОВ Н.А., СЛЮСАРЬ А.А., КОСУХИН М.М., МУХАЧЕВ О.В.*  
Суперпластификатор СБ-5 как модификатор при получении  
ВНВ и бетонов на их основе ..... 2

*МОРОЗОВ Ю.Л.* Система стабилизации подвижности  
бетонной смеси ..... 5

*ГАДЖИЛЫ Р.А.* Возможности повышения эффективности  
технологии бетона ..... 7

### КОНСТРУКЦИИ

*КОДЫШ Э.Н., ТРЕКИН Н.Н., ВАВИЛОВ О.В., КОЛОЙДЕНКО С.В.* Плиты  
перекрытий 2Т для технологии непрерывного формования ..... 11

### В ПОМОЩЬ ПРОЕКТИРОВЩИКУ

*КАРАВАНОВ Б.В.* Нелинейный расчет сборно-монолитных  
железобетонных перекрытий ..... 14

*МАХНО А.С.* Оценка надежности изгибаемых элементов, усиленных  
наращиванием сечения ..... 18

### ЗАВОДСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО

*ГРИНЮК В.Ф.* Качественная формооснастка для собственных  
нужд — собственными силами ..... 20

### ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

*ЛАТЫПОВ В.М., БАБКОВ В.В., ВАГАПОВ Р.Ф., ШАРИПОВ Э.Х.,  
АРХИПОВ В.Г.* Долговечность конструкций железобетонных  
резервуаров для хранения сырой нефти ..... 21

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

*ИБАДУЛЛАЕВ Ф.Ю.* Бетоны с использованием отходов  
текстильных предприятий ..... 25

### ИНФОРМАЦИЯ

Решения 1-й Всероссийской конференции по бетону  
и железобетону ..... 27

Труды 1-й Всероссийской конференции по бетону и железобетону  
(9–14 сентября 2001 г., Москва) ..... 30



Москва  
Издательство  
"Ладья"

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации РФ. Рег. № 01080  
Издательская лицензия № 065354 от 14.08.97

© Издательство "Ладья", журнал "Бетон и железобетон", 2001

Н.А.ШАПОВАЛОВ, д-р техн. наук, проф., А.А.СЛЮСАРЬ, М.М.КОСУХИН, кандидаты техн. наук, О.В.МУХАЧЕВ, инж. (Белгородская государственная технологическая академия строительных материалов)

## Суперпластификатор СБ-5 как модификатор при получении ВНВ и бетонов на их основе

Новые перспективы получения высокопрочных бетонов открывает применение вяжущих низкой водопотребности (ВНВ), получаемых при совместном помоле портландцемента, минеральных добавок и модификаторов [1-2]. В качестве модификаторов используют суперпластификаторы бетонов, однако их производство сдерживается дефицитом сырья и высокой стоимостью. В связи с этим актуальной задачей является поиск новых дешевых модификаторов для ВНВ и углубление представлений о механизме их действия.

В настоящей работе исследована возможность применения суперпластификатора СБ-5 на основе отходов производства резорцина [3] в качестве модификатора при получении ВНВ и бетонов на их основе.

Механизм действия СБ-5 изучали на модельных суспензиях  $Al_2O_3$ ,  $CaCO_3$ ,  $SiO_2$ , а также на цементных суспензиях и бетонах на основе тонкомолотых цементов ТМЦ – 30 и ТМЦ – 50 и вяжущих низкой водопотребности ВНВ – 30 и ВНВ – 50 (цифры показывают содержание клинкерной части).

Цементы получали в лабораторной двухкамерной мельнице. Составы и свойства полученных цементов приведены в табл. 1. Из таблицы

видно, что СБ-5, кроме пластифицирующего действия, оказывает также интенсифицирующее действие при помолу, обусловленное расклинивающим эффектом. При времени помола 1,5 часа оптимальная дозировка СБ-5 составляет 0,45% для ВНВ-50 и 0,4% для ВНВ-30, что обеспечивает получение удельной поверхности вяжущего 475... 468  $m^2/kg$  с активностью 86,5 и 73,5 МПа соответственно. При увеличении доли клинкерной составляющей, времени помола и концентрации СБ-5 возможно получение ВНВ с большей удельной поверхностью и активностью. Однако критерием выбора оптимальных значений параметров получения ВНВ было минимальное значение водопотребности в пределах 0,33...0,35 при получении бетонных смесей, т.к. дальнейшее уменьшение водоцементного отношения, по мнению ряда авторов, может снизить долговечность бетонов[4].

Характер реологического течения суспензий при введении оптимальных концентраций СБ-5 меняется от вязко-пластического до ньютоновского. Радиус частиц уменьшается с 12...14 до 2...2,5 мкм. Это обусловлено, как показали расчеты, падением энергии коагуляционного контакта с нескольких сотен единиц кТ до

долей кТ и предотвращением агрегации частиц. Происходит пептизация агрегатов, содержание свободной дисперсионной среды за счет высвобождения иммобилизованной воды увеличивается на 30...40 %, в результате чего уменьшается пластическая вязкость суспензий.

Электрокинетический потенциал цементных частиц изменяется при введении СБ-5 с  $-10...-12$  мВ до  $-40...-45$  мВ, что способствует возрастанию агрегативной устойчивости системы.

Эти явления обусловлены специфической адсорбцией СБ-5, образующего мономолекулярный слой на поверхности цементных частиц. Концентрация СБ-5, при которой завершается образование монослоя, соответствует дозировкам, при которых наблюдается максимальное изменение коллоидно-химических свойств суспензий (рис.1). Было установлено, что различие в свойствах ТМЦ и ВНВ, имеющих близкие значения удельной поверхности, при оптимальных дозировках СБ-5 во многом обусловлены тем, что при введении СБ-5 с водой затворения происходит конкурентная адсорбция молекул воды и пластификатора на поверхности частиц цемента. При совместном помоле СБ-5 с цементом на поверхности цементных частиц адсорбируются только молекулы суперпластификатора, что подтверждается данными по адсорбции СБ-5 из неводных сред. Найдено, что при увеличении удельной поверхности дисперсной фазы эффективность пластифицирующего действия СБ-5 возрастает. Дозировки СБ-5 при получении ВНВ несколько больше, чем при введении СБ-5 с водой затворения в соответствующие ТМЦ, что объясняется большей емкостью монослоя при получении ВНВ.

Влияние СБ-5 на процессы гид-

Таблица 1

Вид цемента	Концентрация СБ-5, %	$S_{уд}$ , $m^2/kg$	Нормальная густота, %	Активность, МПа (28 сут)
ТМЦ – 30	—	420	29,5	39,8
ТМЦ – 50	—	452	29,2	48,1
ВНВ – 30	0,35	430	24,6	70,2
	0,4	448	22,3	78,4
	0,45	453	21,8	60,7
ВНВ – 50	0,4	468	24,2	79,2
	0,45	475	22,0	86,5
	0,5	492	21,3	69,3

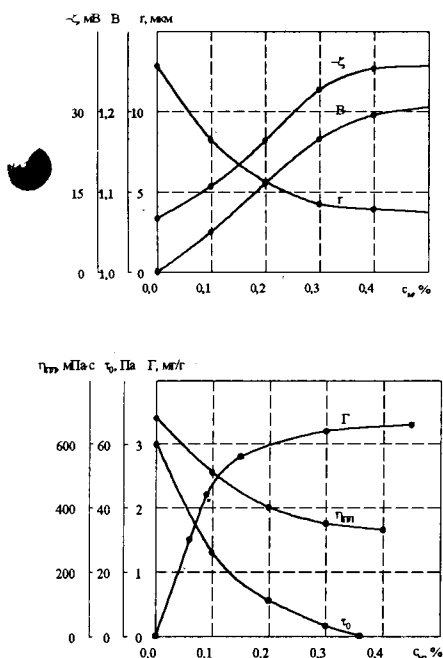


Рис. 1 Взаимосвязь изменения коллоидно – химических параметров: электрокинетического потенциала  $\xi$ , относительного водоудаления  $B$ , наивероятнейшего радиуса частиц  $r$ , пластической вязкости  $\eta_{пл}$ , предельного напряжения сдвига  $\tau_0$ , адсорбции  $\Gamma$  в суспензии ТМЦ – 50 от концентрации СБ-5

ратации и структурообразования в цементном тесте изучали методами ион-селективной потенциометрии, пластометрии, микрокалориметрии. Показано, что СБ-5 несколько снижает в ТМЦ концентрацию ионов кальция по сравнению с контрольным ТМЦ, не изменяя качественного характера зависимости. Для ВНВ наблюдается исчезновение первого пика пересыщения ионами кальция, в дальнейшем концентрация  $Ca^{2+}$  становится больше по сравнению с контрольным составом. При оптимальных концентрациях СБ-5 начальный набор прочности структуры замедляется, но затем прочность набирается быстрее, чем у исходного образца.

Общим для ТМЦ и ВНВ является увеличение первого пика тепловыделения непосредственно после затворения цемента водой. Это связано с повышением гидрофильности модифицированной поверхности цемента за счет адсорбции СБ-5 и увеличением контактирующей поверхности вследствие пептизации агрегатов. Увеличивается индукционный период до второго пика тепловыделения в области 10–12 часов. В дальнейшем происходит интенсификация твердения цементов с СБ-5 по сравнению с

контрольным образцом, что выражается в большей протяженности второго пика тепловыделения.

При оптимальных дозировках СБ-5 (0,35 – 0,45% от массы цемента) для ТМЦ наблюдается некоторое увеличение времени начала и конца схватывания. Для ВНВ время начала схватывания практически не изменяется, время конца схватывания уменьшается на 1 час 10 минут по сравнению с образцом без добавки.

Были получены бетоны на основе ТМЦ и ВНВ с использованием СБ-5. Влияние СБ-5 на подвижность бетонных смесей определяли на составе с расходом цемента  $350 \text{ кг/м}^3$ . Начальная осадка конуса составляла 3 см (табл.2)

При увеличении концентрации СБ-5 подвижность бетонных смесей значительно увеличивается. В связи с тем, что подвижность бетонной смеси в основном определяется подвижностью цементного теста, характер изменения подвижности от концентрации СБ-5 сохраняется и для бетонной смеси. Оптимальные концентрации СБ-5, при которых осадка конуса бетонной смеси достигает 20 см, несколько выше оптимальных концентраций, определенных по методу миниконуса и из реологических кривых. Это связано с дополнительным упрочнением коагуляционной структуры при введении в бетонную смесь заполнителей. При переходе от ТМЦ-50 к ТМЦ-30, от ВНВ-50 к ВНВ-30 оптимальная дозировка СБ-5, необходимая для достижения литой бетонной смеси с осадкой конуса 20 см из исходной жесткой смеси, несколько уменьшается. Это связано с меньшей адсорбционной способно-

стью шлама по сравнению с клинкерными минералами. У бетонов на основе ВНВ по сравнению с ТМЦ при одинаковых осадках конуса наблюдаются более низкое значение водоцементного отношения. В бетонных смесях на основе ВНВ происходит снижение водопотребности на 25 – 30%, в то время как для ТМЦ – на 20 – 22% (табл. 4). Увеличение подвижности цементного теста и бетонной смеси, а, следовательно, и возможность сокращения водопотребности, определяется степенью модифицирования поверхности цементных частиц и после заполнения мономолекулярного адсорбционного слоя дальнейшее увеличение концентрации СБ-5 не влияет на реологические характеристики.

Прочность бетона из высокоподвижных бетонных смесей с СБ-5 несколько выше, чем у контрольных образцов. Это можно объяснить пептизирующим действием СБ-5 и получением более мелкокристаллической структуры бетона, что подтверждается электронно-микроскопическими исследованиями образцов цементного камня на основе ТМЦ и ВНВ. Для микроструктуры камня из ВНВ наблюдается более плотная мелкокристаллическая структура с отсутствием крупноблочных соединений и видимых дефектов.

Прирост прочности для бетонов со сниженным В/Ц для ВНВ также существенно выше. Так, для бетонов на основе ВНВ по сравнению с контрольным образцом без СБ-5 наблюдается прирост прочности на 21 МПа для ВНВ – 50 и 23 МПа для ВНВ – 30, в то время как для бетонов с со-

Таблица 2

Вид цемента	Содержание СБ-5, %	В/Ц	ОК, см	Предел прочности при сжатии, МПа (28 сут)
ТМЦ-50	—	0,450	3	39,0
	0,3	0,369	3	50,4
	0,4	0,358	3	53,9
	0,4	0,450	21	42,1
ТМЦ-30	—	0,451	3	27,8
	0,2	0,401	3	34,8
	0,3	0,374	3	38,7
	0,35	0,360	3	40,1
ВНВ-50	0,35	0,451	20	28,9
	0,45	0,330	3	60,2
ВНВ-30	0,45	0,413	20	45,1
	0,40	0,332	3	51,0
	0,40	0,415	20	30,1

Таблица 3

Цемент	Концентрация СБ-5, %	В/Ц	ОК	Воздухововлечение, %	Водоотделение, %
ТМЦ-50	—	0,450	3,0	2,3	—
	0,45	0,450	20,0	2,2	1,5
	0,45	0,358	3,0	2,5	—
ВНВ-50	0,45	0,413	20,0	2,0	—
	0,45	0,332	3,0	2,3	—

ответствующими ТМЦ наблюдается прирост прочности 15 и 13 МПа.

Бетонная смесь на основе ВНВ теряет подвижность несколько быстрее по сравнению с бездобавочным составом в течение всего периода времени, а для соответствующего ТМЦ с СБ-5 в начальный период времени наблюдается замедление потери подвижности. Такое отличие согласуется с данными по влиянию СБ-5 на сроки твердения и кинетику тепловыделения в соответствующих цементных системах.

Величина воздухововлечения, размеры воздушных пузырьков оказывают влияние на поровую структуру и плотность бетона, а следовательно, на его прочность, морозостойкость, проницаемость и другие свойства. Результаты исследования влияния СБ-5 на воздухововлечение бетонной смеси в соответствии с ГОСТ 10181-81 представлены в табл. 3. При введении СБ-5 наблюдается некоторое снижение воздухововлечения при постоянном водоцементном отношении и небольшое возрастание воздухововлечения для равноподвижных бетонных смесей. Это обусловлено тем, что при постоянном В/Ц происходит сильное разжижение бетонной смеси и выход воздуха облегчается. Для равноподвижных бетонных смесей большее влияние оказывают поверхностно-

активные свойства СБ-5 на границе раствор-газ, что и способствует дополнительному воздухововлечению. Это явление не оказывает отрицательного влияния на прочность бетонов, в то же время способствуя увеличению морозостойкости.

Ранее было установлено, что введение СБ-5 при постоянном В/Ц приводит к увеличению объема отделяемой воды при центрифугировании суспензий. В бетонной смеси аналогичное выжимание воды - водоотделение происходит за счет седиментационных процессов, происходит расслаивание смеси, ухудшаются свойства бетона. Введение СБ-5 в бетонную смесь при постоянном В/Ц приводит к незначительному увеличению водоотделения. В равноподвижных бетонных смесях водоотделения не наблюдается (табл. 3.)

Для бетонной смеси на основе ВНВ, по сравнению с ТМЦ, наблюдается некоторое снижение воздухововлечения, что может быть связано с возрастанием доли адсорбционно-связанного СБ-5. Для бетонных смесей на основе ВНВ, в отличие от ТМЦ, водоотделения не наблюдается как для жесткой, так и для литой смеси, что указывает на увеличение связности структуры.

Было показано, что в начальные сроки твердения до 8-10 часов СБ-5

замедляет структурообразование в цементном тесте. Для исследования влияния СБ-5 на процессы гидратации и структурообразования в более поздние сроки было изучено влияние оптимальной дозировки СБ-5 на кинетику набора прочности для бетонных смесей с постоянным водоцементным отношением и с одинаковой подвижностью (табл.4).

К трем суткам твердения бетонов с постоянным В/Ц начальное замедление гидратации цемента и твердения бетона с СБ-5 компенсируется, а в дальнейшем происходит более интенсивно, чем бетона без добавок. Это обусловлено, как было сказано ранее, пептизацией цементных частиц с СБ-5 и увеличением суммарной поверхности гидратирующихся частиц. Для бетонов на основе ВНВ наблюдается более интенсивное нарастание прочности к 1 - 2 суткам твердения по сравнению, как с контрольным образцом, так и с бетоном на основе ТМЦ с СБ-5. К 28 суткам этот прирост несколько снижается. Ускоренный набор прочности бетона с СБ-5 в раннем возрасте может быть использован для сокращения сроков тепловлажностной обработки.

Результаты работы показали возможность применения СБ-5 в качестве модификатора при получении ВНВ и были использованы в промышленности. Показано, что при производстве ВНВ с СБ-5 и бетонов экономический эффект составит более 40 руб /м<sup>3</sup> бетона.

#### Библиографический список

1. Бабаев Ш.Т. Высокопрочные бетоны на основе вяжущих нового поколения/ Промышленность сборного железобетона. Серия 3/ВНИИЭСМ-М.: 1990. - С.16-30.

2. Юдович В.Е., Дмитриев А.М., Зубехин С.А. и др. Цементы низкой водопотребности - вяжущие нового поколения //Цемент и его применение. - 1998. - №4. - С.15-18

3. Латыпова М. М., Слюсарь А.А., Шаповалов Н.А. и др. Получение пластификаторов из отходов химического производства//Экология и промышленность России. - 2000. - №1. - С.16-17.

4. Калашников В.И., Борисов А.А., Поляков Л.Г. и др. Современные представления об использовании тонкомолотых цементов и ВНВ в бетонах. //Строительные материалы.- 2000. - №7. - С.12-13

Таблица 4

Цемент	Концентрация СБ-5, %	В/Ц	ОК, см	Предел прочности, МПа					
				На сжатие			На изгиб		
				3 сут.	7 сут.	28 сут.	3 сут.	7 сут.	28 сут.
ТМЦ-50	—	0,45	3,0	18,5	25,3	39,0	1,9	3,0	5,5
	0,40	0,45	20,0	18,9	26,2	42,1	1,9	3,3	6,0
	0,40	0,358	3,5	20,1	30,8	53,9	2,1	3,6	6,4
ВНВ-50	0,45	0,413	20,0	19,3	27,1	45,1	1,9	3,4	6,2
	0,45	0,330	3,0	31,1	41,6	60,2	2,2	4,1	7,5

## Система стабилизации подвижности бетонной смеси

Стабилизация подвижности бетонной смеси является одной из важнейших задач повышения качества бетонирования на строительных объектах. Транспортировка бетонной смеси от завода-производителя до строительного объекта вызывает снижение ее подвижности. В зависимости от продолжительности и способа транспортировки, температуры окружающего воздуха, подвижности, от количества и вида добавок снижение показателя осадки конуса может достигать 30% и более, что должно учитываться производителем бетона [1].

Рис. 1. иллюстрирует существующую систему стабилизации подвижности бетонной смеси. Заводы-производители с учетом коэффициента снижения подвижности в процессе транспортировки на основании текущего контроля фактической подвижности ( $P_o$ ) вводят соответствующие коррективы в рецептурный состав бетона, вызывающие необходимое изменение осадки конуса ( $dП$ ), стабилизируя тем самым подвижность выпускаемой бетонной смеси. Однако нестабильность времени транспортировки, температуры воздуха и других параметров при-

водят к вариации коэффициента снижения подвижности бетонной смеси, что в свою очередь обуславливает непостоянство ее подвижности на строительном объекте у потребителя ( $P_n$ ). При этом несовпадение контролируемых на заводе и строительном объекте значений осадок конуса практически не учитывается в управлении подвижностью, а скорее является источником конфликтов между производителем и потребителем бетонной смеси.

Поскольку физико-химические свойства бетона на строительной площадке практически не поддаются коррекции, проблема управления потребителем качеством бетона должна решаться в рамках заводской лаборатории заводов товарного бетона [2]. Задачей заводской лаборатории в этом случае является управление (стабилизация) характеристиками смеси не только на выходе с бетонного завода, но и непосредственно на строительном объекте.

Наличие транспортных запаздываний в формировании отпускной и потребительской подвижности, а также случайный характер изменения коэффициента снижения осадки ко-

нуса в процессе транспортировки существенно осложняют задачу ее стабилизации на строительном объекте путем регулирования технологического процесса на заводе-производителе. Однако данное обстоятельство не исключает такой возможности и ставит эффективность управления в зависимости от частотных свойств совокупного возмущения, воздействующего на изменение подвижности смеси в процессе ее транспортировки. При этом чем ниже степень низкочастотности возмущения, тем выше эффективность такого управления.

Несмотря на относительно большое число случайных неконтролируемых возмущений, воздействующих на подвижность смеси, в общем спектре их совокупного на нее влияния имеется относительно сильная низкочастотная составляющая. Это объясняется постоянством поставщиков исходных материалов, сегрегационными процессами, сопровождающими разгрузку, выгрузку крупного и мелкого заполнителей, относительно большими партиями их поставок, нестационарными процессами изменения времени транспортировки и температуры воздуха.

Анализ процесса изменения подвижности бетона на объекте позволяет идентифицировать его моделью авторегрессии 2-го порядка

$$dП^*(t+1) = a_1 dП(t) + a_2 dП(t-1) + λn(t),$$

где  $dП(t)$ ,  $dП(t-1)$  — фактические изменения подвижности на объекте;  $dП^*(t+1)$  — прогнозируемое значение подвижности на объекте;  $dП_o$  — коррекция подвижности на заводе;  $n(t)$  — случайный, нормированный и центрированный импульс, распределенный по нормальному закону;  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $λ$  — идентифицированные коэффициенты модели, которые для представленного динамического ряда подвижностей

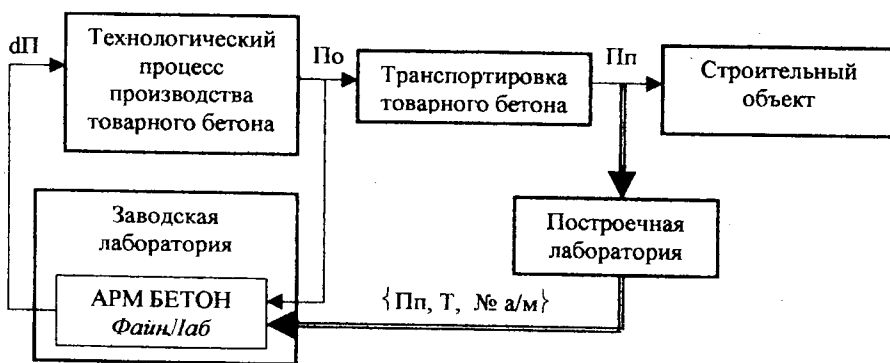


Рис. 1. Структурная схема управления и контроля подвижности

— существующие связи; — канал передачи векторов параметров транспортировки и подвижности бетонной смеси для ее стабилизации на строительном объекте

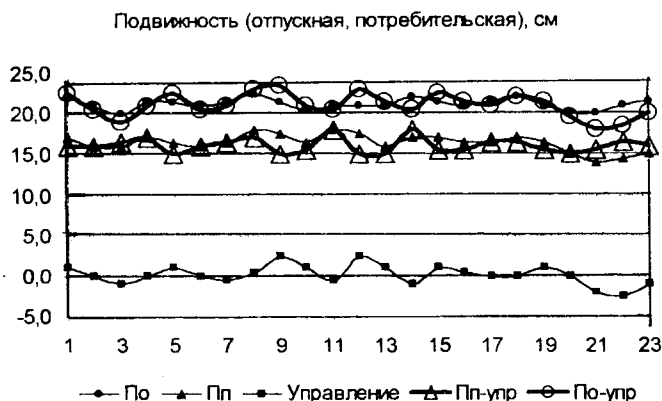


Рис. 2. Фрагменты изменения подвижности

равны  $a_1 = 1,3$ ;  $a_2 = -0,27$ ;  $\lambda = 0,6$ . Данные коэффициенты не постоянны и должны определяться непрерывно.

На рис.2 представлен фрагмент компьютерного моделирования изменения подвижности бетонной смеси, измеренной на заводе ( $\Pi_o$ ) и на строительном объекте ( $\Pi_n$ ) при средней продолжительности транспортировки 45...60 мин при температуре 20...25°C. Как видно, фактический коэффициент снижения подвижности смеси на строительном объекте не постоянен. Вариация подвижности бетона на объекте значительно выше ее вариации на заводе, поскольку лаборатории осуществляют стабилизацию отпускных параметров бетона. Обращает на себя внимание то, что разность подвижностей ( $d\Pi$ ) характеризуется относительно низкочастотным процессом, поддающимся прогнозу, а следовательно, при организации управления данным показателем на заводе товарного бетона имеется возможность управления им с более высокой точностью и эффективностью, чем это достигается с применением общепринятой схемы введения корректирующих коэффициентов, учитывающих параметры транспортировки.

Для идентифицированной модели изменения подвижности бетонной смеси на объекте ее стабилизация на заводе может осуществляться на основе информации об изменении подвижности на объекте пу-

тем текущей коррекции по выражению

$$d\Pi_o = -d\Pi^*(t + 1) = -a_1 d\Pi(t) + a_2 d\Pi(t - 1).$$

При введении управления подвижностью на строительном объекте на основе получаемой лабораторией информации о ее динамике возможно существенное повышение стабильности данного показателя у потребителя бетона.

На рис.2 представлена кривая изменения подвижности бетонной смеси на объекте при введении ее коррекции ( $\Pi_{n-упр}$ ). Среднее значение фактической подвижности на строительном объекте при этом не изменяется, однако ее среднее

квадратическое отклонение при введении данного управления уменьшается на 30...40%. Именно отношение средних квадратических отклонений подвижностей у потребителя может служить оценкой эффективности управления

$$k = \sigma_{6y} / \sigma_y,$$

где  $k$  — коэффициент эффективности управления;  $\sigma_{6y}$  — среднее квадратическое отклонение подвижности у потребителя в отсутствии управления;  $\sigma_y$  — то же, при наличии управления.

Анализ данного управления показал, что при увеличении степени низкочастотного процесса изменения подвижности эффективность управления повышается. Степень низкочастотности может оцениваться модулем ( $M$ ) корней характеристического уравнения модели авторегрессии. При приближении его к единичному кругу эффективность управления увеличивается. При описании процесса изменения подвижности некоррелированной последовательностью ( $a_1 = 0$ ,  $a_2 = 0$ ,  $M = 0$ ) изменение управляемой подвижности эквивалентно неуправляемой, т.е. коэффициент эффективности управления равен единице.

Повышение эффективности управления также связано с совершенствованием метрологического обеспечения процессов контроля качества бетона [3], которое суще-

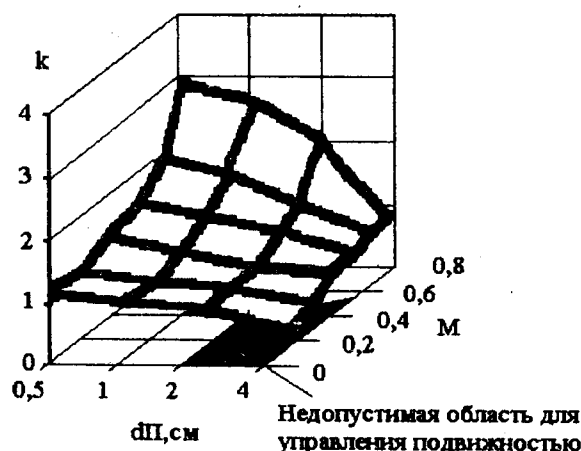


Рис. 3. Эффективность управления подвижностью



ственно отстает от современного зарубежного уровня и ограничивает эффективность управления. Так, применительно к проблеме управления подвижностью целесообразно уменьшение дискретности округления при измерении осадки конуса. В США, согласно стандарту ASTM C 143, данный показатель округляется с интервалом дискретности равным 0,6 см.

Зависимость эффективности управления подвижностью от модуля М и интервала дискретности округления величины осадки конуса показана на рис. 3. Из него видно, что величина снижения вариации подвижности смеси на объекте практически везде больше единицы, за исключением области, где подвижность измеряется с интервалом дискретности более 2 см.

Для ведения данного управления необходим постоянный монито-

ринг изменения подвижности на заводе-производителе и на строительном объекте, учет времени и условий транспортировки, температуры воздуха, номеров бетоновозов (см.рис.1). Очевидно, что данная задача может решаться на основе автоматизированных рабочих мест [4] и современных телекоммуникационных систем. Применяемая на заводах для этих целей система АРМ Бетон-ФайнЛаб, предназначенная для управления качеством в рамках завода-производителя, должна предусматривать также возможность анализа динамики показателей качества бетона непосредственно на строительных объектах.

### Вывод

Система стабилизации подвижности бетонной смеси на основе совместного анализа ее изменения

на заводе-производителе и на строительном объекте существенно снижает вариацию данного показателя, а следовательно, повышает качество строительства.

### Библиографический список

1. Комар А.Г., Суэтина Т.А., Морозов Ю.Л., Дорф В.А., Левшин В.В. Бетоны для монолитного строительства зданий и сооружений. М. МИКХиС, 2001, С. 154.
2. Морозов Ю.Л. Управление качеством бетона на основе информационных технологий 1-я Всероссийская конференция по проблемам бетона и железобетона. М., 2001.
3. Дорф В.А., Хяутин Ю.Г. О метрологическом подходе к контролю качества бетонной смеси и ее компонентов//Бетон и железобетон. — 1992. — № 4. — С.29–31.
4. Горшков В.А., Соркин Э.Г. Автоматизированное рабочее место АРМ Бетон-ФайнЛаб//Бетон и железобетон. — 2000. — № 3. — С.8–9.

*Р.А.ГАДЖИЛЫ, д-р техн. наук (Азербайджанский архитектурный и строительный ун-т)*

## Возможности повышения эффективности технологии бетона

Известно, что высокое качество конструктивных элементов и возводимых зданий и сооружений во многом зависит от степени уплотнения бетонной смеси [1], поэтому вопросы совершенствования технологии бетонов без особых капитальных вложений, а также без перестройки технологических линий и монтажа нового оборудования имеет особо важное значение.

Исходя из изложенного, нами сделана попытка путем несложных операций повысить технологические свойства бетонных смесей за счет применения добавок ПАВ различной природы и многоцелевого назначения, выяснить суть их влияния на такие показатели бетонных смесей, как агрегативная устойчивость, пористость и т.д., а также представить конкретные рекомендации по их применению.

Как известно, суспензии вяжущих материалов относятся к полидисперсным коллоидно-суспензионным системам с развитой удельной поверхностью дисперсной фазы, что свидетельствует о наличии большого избытка в этих системах свободной поверхностной энергии, обуславливающей агрегативную их неустойчивость. Это способствует уменьшению поверхности раздела между дисперсной фазой и дисперсной средой, т.е. обуславливает укрупнение дисперсных цементных частиц, что, в свою очередь, вызывает существенное изменение коллоидно-химических и структурно-

механических свойств цементных суспензий. Очевидно также, что изменение свойств цементных суспензий в основном обуславливается изменением их агрегативной устойчивости и пластичности. Таким образом, зная закономерности изменения агрегативной устойчивости цементных систем, можно целенаправленно управлять процессами регулирования параметров бетонных и растворных смесей на стадии взаимодействия цемента с водой и, как следствие, получить бетонную смесь с высокой агрегативной устойчивостью, удобоукладываемостью, низкими показателями водоотделения и седиментационного осадка. В результате готовые бетонные изделия будут обладать

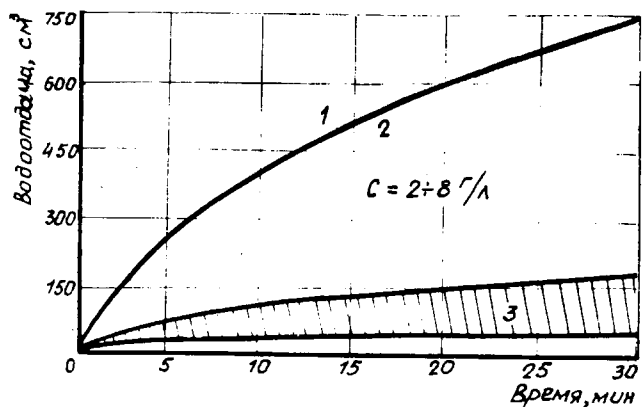


Рис. 1. Кинетика водоотдачи цементных суспензий во времени

1 — суспензия без добавки; 2 — суспензия с добавкой Na-ПМЭК (гидрофобная); 3 — суспензия с добавкой Na-ДБК (гидрофильная)

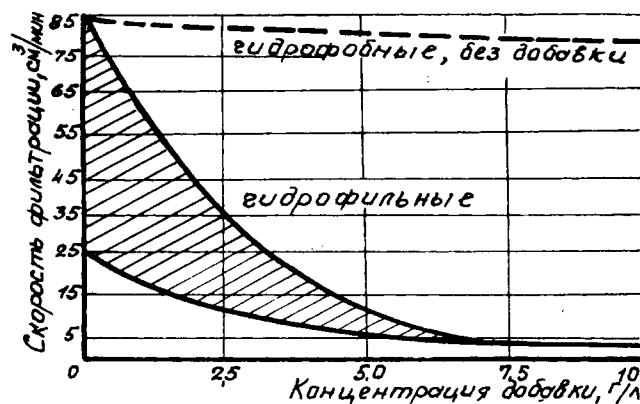


Рис. 2. Влияние вида и концентрации добавок на скорость фильтрации воды в цементных суспензиях

высокой однородностью, коррозионной и морозостойкостью, а также повышенными прочностными показателями.

Согласно имеющимся в литературе данным, энергетический, гидратный и структурно-механический барьеры, возникающие в коллоидно-дисперсных системах, считаются основными факторами, обуславливающими агрегативную устойчивость последних, хотя до настоящего времени данный вопрос относительно цементных дисперсий остается неизученным [2].

Исходя из вышеизложенного, нами была поставлена задача выяснить механизм придания цементным системам повышенной агрега-

тивной устойчивости. Для этого проводились экспериментальные исследования, направленные на изучение адсорбции химических добавок на поверхности дисперсных цементных частиц с одновременным определением структурно-механических показателей водных суспензий цемента, подвергнутых воздействию ПАВ.

Как известно, Азербайджанская Республика располагает большими возможностями организации и производства новых эффективных видов ПАВ различного назначения [3]. Из-за отсутствия потребителей производство некоторых видов добавок временно приостановлено.

Для выбора наиболее эффектив-

ных ПАВ проводились многочисленные исследования их коллоидно-химических свойств. На основе этих исследований в качестве представителя гидрофильных ПАВ была выбрана Na-соль дубильно-белкового комплекса (Na-ДБК), получаемая из порошка виноградной выжимки; в качестве представителя гидрофобных ПАВ — Na-соль полиметиловых и монокарбоновых эфирокислот (Na-ПМЭК), получаемых в процессе окислительной переработки нафтеновых углеводородов нефти, а в качестве адсорбента — порландцемент марки 400 Карадагского цементного завода [3].

Рассматривая результаты исследований по влиянию добавок на

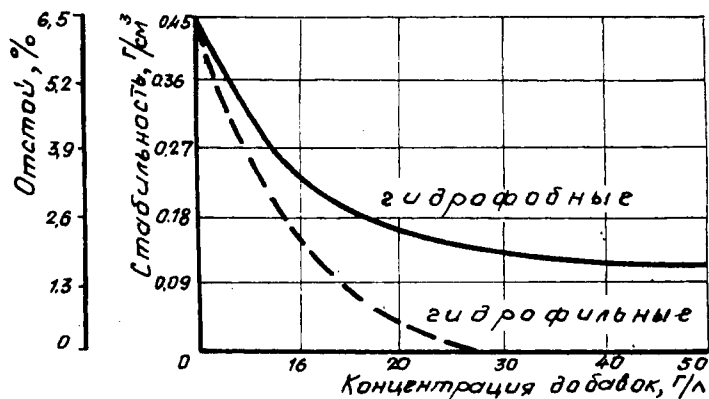


Рис. 3. Влияние вида и концентрации добавок на стабильность и отстой цементных суспензий

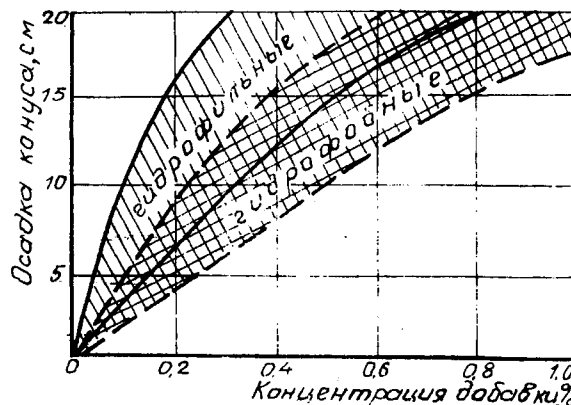


Рис. 4. Влияние концентрации добавок на подвижность бетонных смесей

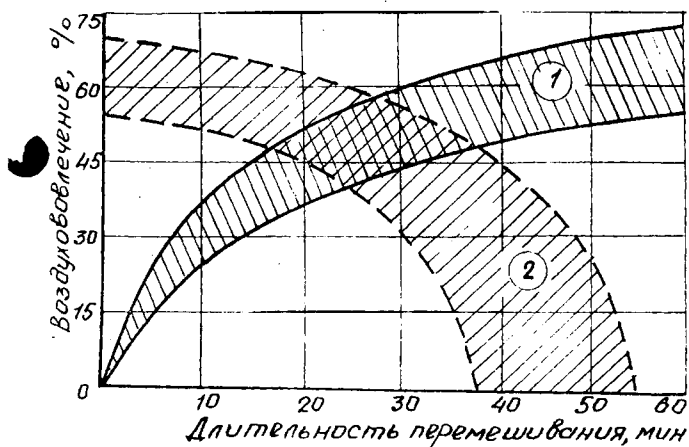


Рис. 5. Характер воздушовлечения в растворную смесь  
1 — воздушовлечение; 2 — скорость воздушовлечения

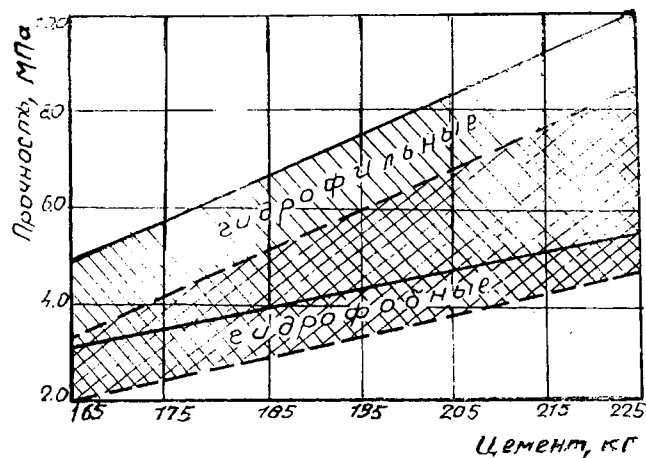


Рис. 6. Влияние ВВД на предел прочности поризованных бетонных изделий при различных значениях расхода цемента

структурно-механические показатели цементных суспензий, а также данные о степени агрегирования, можно сделать вывод: действие добавок Na-ДБК связано со стабилизационным структурообразованием, т.е. с повышением вязкости ( $T_{100}$ ) цементной суспензии, когда  $T$  растет интенсивнее статического напряжения сдвига (СНС), в этом случае СНС/ $T$  остается малым. При использовании добавки Na-ПМЭК система находится в состоянии коагуляционного структурообразования, т.е. отношение СНС/ $T$  увеличено.

Стабилизационное структурообразование при использовании Na-ДБК связано с действием энергетического и гидратного барьеров, а коагуляционное структурообразование (при использовании Na-ПМЭК) связано с возникновением энергетического и структурно-механического барьеров. Эта гипотеза подтверждается данными водоотдачи цементных суспензий с различными добавками (рис. 1). Использование добавки Na-ДБК приводит к улучшению, т.е. к уменьшению показателя водоотдачи цементных суспензий почти в 5 раз по сравнению с тем случаем, когда добавка не была использована или применена Na-ПМЭК. Это связано с наличием нескольких полярных групп (гидроксил, карбоксил, сульфогруппа и аминогруппа) в молекулах этих

ПАВ, а также высоким диспергирующим свойством по сравнению с гидрофобными ПАВ.

Слабая полярность в молекулах гидрофобных добавок, в данном случае Na-ПМЭК, не обеспечивает улучшения показателя водоотдачи цементных суспензий. Проведенные исследования показали, что повышение концентрации добавок способствует снижению скорости фильтрации воды в цементных суспензиях (рис. 2). Последние, приготовленные на основе добавки Na-ДБК, более стабильны и не подвергаются седиментационным явлениям. У цементных суспензий с Na-ДБК после достижения концентрации 25 г/л значение показателя стабильности и отстоя приравняются к нулю, что говорит об их высокой устойчивости (рис. 3).

С целью выявления полной картины адсорбции (в отдельности) Na-ДБК либо Na-ПМЭК и едкого натра на частицах цемента приготовленные цементные суспензии подвергались центрифугированию, и в полученных фугатах определялись адсорбированные количества указанных веществ. Полученные данные показывают, что адсорбция натриевой соли дубильно-белкового комплекса на цементных частицах является обратимой, а адсорбция едкого натра — необратимой. Следовательно, в первом случае име-

ет место электронейтральная, а во втором — ионообменная адсорбция.

Результаты экспериментов свидетельствуют, что при исследовании гидрофильных ПАВ основными факторами, обеспечивающими агрегативную устойчивость дисперсных цементных систем, являются энергетический и гидратный барьеры. Между тем при использовании гидрофобных ПАВ таковыми выступают энергетический и структурно-механический барьеры. Следует отметить, что в обоих случаях возникновение на поверхности дисперсных цементных частиц за счет ионообменной адсорбции сильного энергетического барьера обеспечивается "избыточным" едким натром, содержащимся в указанных добавках.

В наших опытах при проведении лабораторных работ, а также при изготовлении в заводских условиях бетонных и железобетонных изделий с целью повышения агрегативной устойчивости бетонных смесей в составе добавок обеспечивалось "избыточное" количество едкого натра, т.е. pH их растворов был доведен до 12–14.

Как было отмечено выше, будущая структура и физико-технические показатели бетонов, в том числе их однородность, во многом зависят от реологических свойств бетонной смеси. Учитывая изложен-

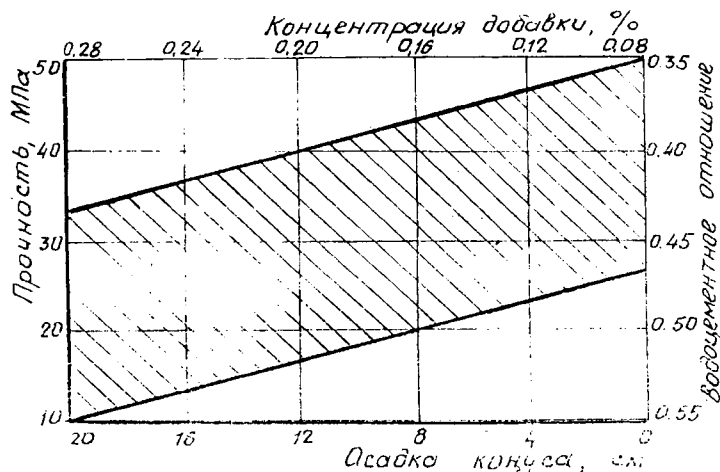


Рис. 7. Принципиальная диаграмма применения добавок в технологии бетона

ное, нами было определено влияние различных технологических факторов на реологические свойства бетонной смеси.

При прочих равных условиях гидрофильные ПАВ сильнее влияют на удобоукладываемость бетонных смесей по сравнению с гидрофобными, что может быть объяснено наличием нескольких полярных групп в молекулах у первых, вызывающих образование вокруг дисперсных цементных частиц высокопластичных гидратных оболочек. Слабая полярность в молекулах гидрофобных добавок не обуславливает высокопластифицирующий характер бетонных и растворных смесей. Высокопластифицирующий эффект, например, с гидрофильной добавкой Na-ДБК обеспечивается за счет дефлокулирующего действия его молекул на зернах цемента, вследствие чего освобождается определенное количество воды затворения, участвующее в подвижности бетонной смеси.

При введении воздухововлекающих добавок (ВВД) в состав цементной суспензии ее седиментация во времени намного снижается по сравнению с теми случаями, когда добавки не используются. Такое явление объясняется некоторым уменьшением пептизации частиц цемента водой под влиянием адсорбционного покрытия. Оно может компенсировать увеличение седимен-

тации в результате коагуляции и даже привести к некоторому уменьшению ее объема. Иными словами, уменьшение седиментации в цементной суспензии или увеличение ее водоудерживающей способности связано с тем, что ВВД вызывают коагуляционные структурообразования, замедляющие седиментационные явления.

Введение ВВД в состав легкобетонной смеси заметно сказывается на показателе удобоукладываемости, что объясняется наличием адсорбционного эффекта на поверхности раздела фаз (рис.4). Иными словами, при поризации растворной части легкобетонной смеси с помощью ВВД на образование пленки поверхности пузырька расходуется вода, которая не связана с твердыми частицами, составляющими бетон. Здесь имеется в виду не только физико-химическая и физическая связь, но и более дальняя, обусловленная вязкостью воды. Насыщение смеси воздухом является самым мощным способом стабилизации массы. А стабилизация массы и улучшение структуры материала, в свою очередь, происходят в результате изменения реологических свойств смеси при введении в нее воздуха. Этим и объясняется улучшение удобоукладываемости легкобетонной смеси с повышением объема вовлеченного воздуха. Исследованиями установлено, что

объем последнего за единицу времени обратно пропорционален скорости воздухововлечения (рис.5).

На кинетику твердения легкобетонных изделий существенное влияние оказывают количество и вид добавки, а также расход цемента (рис.6). При этом бетонные изделия, изготовленные с использованием гидрофильных ПАВ, при прочих равных условиях твердеют намного быстрее по сравнению с изделиями, отформованными с применением добавок гидрофобного характера, или без них.

Таким образом, добавки ПАВ за счет стабилизирующего действия и удлинения коагуляционного периода структурообразования существенно улучшают удобоукладываемость бетонной смеси и способствуют повышению ее агрегативной устойчивости и сохранению текучести во времени. Пластифицирующий эффект добавок Na-ДБК, сульфатолхлорный и других обуславливает получение прироста прочности бетона, повышение коэффициента его однородности, экономию цемента, энергоресурсов и т.д.

Результаты многолетних исследований, анализ и обобщение накопленного опыта применения добавок ПАВ в условиях заводского производства и строительных площадок при изготовлении сборных и монолитных бетонных и железобетонных изделий и конструкций на основе бетонных смесей с высокой агрегативной устойчивостью позволили определить основные технологические направления рационального использования добавок с повышенной щелочностью и их техническую эффективность (рис.7).

### Библиографический список

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. — М.: "Высшая школа". — 1987. — 415 с.
2. Батраков В.Г. Повышение долговечности бетона добавками кремнийорганических полимеров. — М., 1968. — 135 с.
3. Гаджилы Р.А., Меркин А.П., Томашпольский А.Л. Использование продуктов и отходов нефтехимии в строительстве. — Баку. — Азернешр. — 1987. — С. 35–42.

Э.Н.КОДЫШ, д-р техн. наук, проф., Н.Н.ТРЕКИН, канд. техн. наук, доц., О.В.ВАВИЛОВ,  
С.В.КОЛОЙДЕНКО, инженеры (ЦНИИПромзданий)

## Плиты перекрытий 2Т для технологии непрерывного формования

В настоящее время преднапряженные плиты 2Т пролетами до 12м изготавливают в основном по агрегатно-поточной технологии в силовых металлоформах. Между тем в мировой и отечественной практике достаточно хорошо себя зарекомендовала технология непрерывного формования на длинных стендах[1]. Преимущества технологии заключаются в том, что опадает необходимость в многочисленном парке металлоформ, которые не используются одновременно и создаются условия для более оперативного реагирования на потребности строителей. Особую актуальность это приобретает в настоящее время, когда строительство ведется в основном по индивидуальным проектам с большим разнообразием пролетов несущих элементов.

Изготовление ребристых плит типа 2Т на длинных стендах возможно только при исключении поперечных ребер, которые как известно необходимы для обеспечения пространственной жесткости конструкции в доэксплуатационной стадии и при действии расчетных нагрузок. Поэтому особое значение имеет выбор рациональной формы сечения, имеющей унифицированные параметры для возможной их трансформации с целью приспособления к меняющимся условиям и при которой обеспечивается необходимая несущая способность.

Плиты 2Т являются пространственными конструкциями, элементы которых работают в условиях сложного напряженно-деформированного состояния. В связи с этим общий подход к выбору параметров сечения основывался на установлении взаимовлияния элементов плиты - продольных ребер и полки[3]. Чтобы конструкция отвечала требованиям равнопрочности [4] необходимо стремиться к одновременному достижению всех форм предельных состояний.

Для тавровых сечений оптимальным считается расположение нейтральной оси в сжатой полке. Исходя из этого минимальная теоретическая толщина полки без учета сжатой арматуры определится по зависимости

$$h_f = h_0 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{qL_0^2}{4R_B h_0^2}} \right), \quad (1)$$

где  $q$ ,  $L_0$  и  $h_0$  - нагрузка, расчетный пролет и рабочая высота сечения.

Как правило, в плитных конструкциях высота сжатой зоны при оптимальных процентах армирования и прочности бетона не ниже В20 [2,3] весьма мала и определяющими являются конструктивные требования обеспечения необходимой толщины защитного слоя бетона и устойчивости полки при изгибе.

Совместная работа продольного ребра и полки плиты обеспечивается при условии сохранения сплошности бетона сжатой зоны. Выражение для определения необходимой высоты полки по линии сопряжения с ребром можно записать

$$h_v = \sqrt{\frac{14 M_B I_{sv}^2}{R_b b_L B_f L_0^2}}, \quad (2)$$

где  $M_B$  - несущая способность по нормальным сечениям плиты;  $B_f$  и  $I_{sv}$  - ширина плиты и длина свеса полки

В представленных выражениях высота полки зависит только от несущей способности по нормальному сечению, свойств материалов и геометрии плиты. Пределы изменения толщины полки показаны на графике рис.1.

Расчетная толщина полки по графику рис.1,б и, как это отмечалось в [4], достаточна мала, в связи с чем

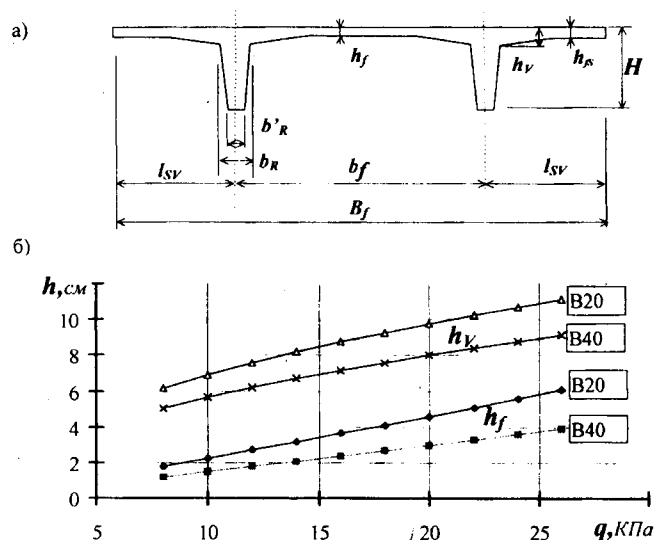


Рис. 1. Схема поперечного сечения плиты 2Т (а) и график зависимости требуемой высоты полки от внешней нагрузки для плит пролетом 12 м (б)

разрушение от потери устойчивости весьма вероятно, поэтому возникает необходимость проверки гибкости полки. Наиболее уязвимым участком являются свободные свесы полок, который можно представить как пластину с одной подкрепленной (в нашем случае заземленной) стороной, нагруженную продольной нагрузкой.

Выражение для критических напряжений в свесах полок с учетом неупругих деформаций бетона в относительных величинах будет иметь вид

$$\frac{\sigma_{кр}}{R_B} = \eta = 0,073 \frac{\pi^2 h_f^2}{\varepsilon_R l_{sv}^2 (1 - \mu^2)}, \quad (3)$$

где  $\varepsilon_R$  - продольные деформации сжатия бетона, соответствующие максимальным напряжениям.

Расчетный анализ выражений (1) и (3) показывает, что для пролетов до 6м расчетная толщина полки, как правило, обеспечивает продольную устойчивость свесов. Причем устойчивость полки возрастает с увеличением прочности бетона. Для пролета 12м проверка устойчивости свесов полок необходима при расчетной нагрузке более 15кПа. Так для бетона класса В30 с расчетной толщиной полки, равной 4см (при  $q=20кПа$ ), соотношение критических напряжений к предельным близко к единице. Для бетона класса ниже В20 расчетная толщина полки такова, что определяющим по несущей способности является прочность по нормальным сечениям.

Жесткость продольных ребер при кручении, которое возникает при полосовом неравномерном нагружении плиты, должна быть такова, чтобы в полке между ребрами не возникали продольные трещины. Выполнение этого условия можно достичь двумя путями: первое - увеличивать толщину полки, по сравнению с тем значением которое получилось из условия (1); второе - увеличить ширину продольных ребер. Второй - более предпочтителен, так как жесткость на кручение возрастает при увеличении ширины сечения по кубической зависимости.

Для проверки на кручение наиболее невыгодной является схема нагружения только свесов полок вертикальной нагрузкой по величине равной эквивалентной нагрузке, вызывающей предельное состояние плиты по нормальным сечениям. Связь между жесткостью ребра на кручение и толщиной полки установим согласно расчетной схеме поперечного сечения плиты 2Т как рамной конструкции с шарнирно подвижной и неподвижной опорами и с одной податливой связью в горизонтальном направлении, как это показано на рис.2. Жесткость податливой связи  $C_s$  определим из условия равенства горизонтальных перемещений опоры А от кручения продольных ребер и соответствующих деформаций от опорной реакции связи

$$C_s = \frac{q_{red} l_{sv}^2}{2\phi H^2} \quad (4)$$

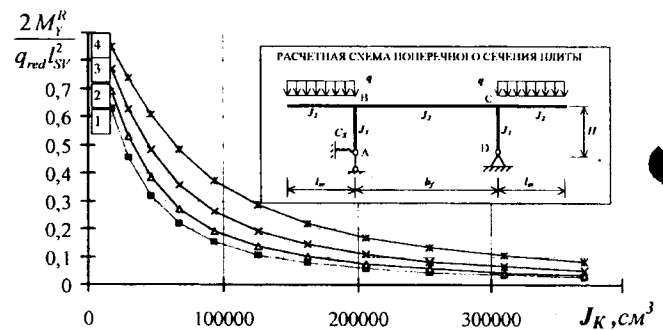


Рис. 2. Зависимость изгибающего момента в полке плиты от жесткости продольного ребра на кручение при толщине полки

1 — 3 см; 2 — 4 см; 3 — 6 см; 4 — 10 см

Как показал анализ для практических расчетов угол закручивания продольного ребра  $\phi$  можно определять без учета влияния полок, в этом случае выражение для жесткости податливой связи будет иметь вид

$$C_s = \frac{8 l_{sv} G J_K}{H^2 L_0^2}, \quad (5)$$

где  $G$  и  $J_K$  - модуль сдвига бетона и момент инерции продольного ребра при кручении.

Используя метод сил, получим окончательно зависимость изгибающего момента в полке плиты от величины наиболее невыгодно приложенной нагрузки и от жесткости продольных ребер на кручение в виде:

$$M_y^R = \frac{q_{red} l_{sv}^2}{2} \left( 1 - \frac{b_f H}{\left( b_f H^2 - 2 \frac{E J_3}{C_s} \right)} \right) \quad (6)$$

На рис.2 представлен график зависимости соотношения изгибающего момента в полке плиты на участке между продольными ребрами, к изгибающему моменту на консольном свесе от жесткости продольного ребра на кручение. Каждая линия соответствует фиксированной толщине полки. Используя критерий трещиностойкости можно установить, что для плиты шириной 3м, высотой сечения 0.6м, пролетом  $L=12м$ , при толщине полки 4см для расчетной нагрузки  $q=20кПа$  необходимая ширина ребра составляет 22см.

На основании результатов анализа зарубежных и отечественных разработок и опираясь на вышеуказанное в ЦНИИПромздании разработаны конструктивные решения плит типа 2Т и Т для перекрытий многоэтажных зданий под нагрузку до 20 кПа. Пример опалубочных размеров плиты пролетом 6 и 12м представлен на рис.3. Плиты имеют постоянную форму сечения по длине и не имеют поперечных ребер, что дает возможность их изготовления как в силовых металлоформах, так и на длинных линейных стендах.

В разработанной номенклатуре предложены

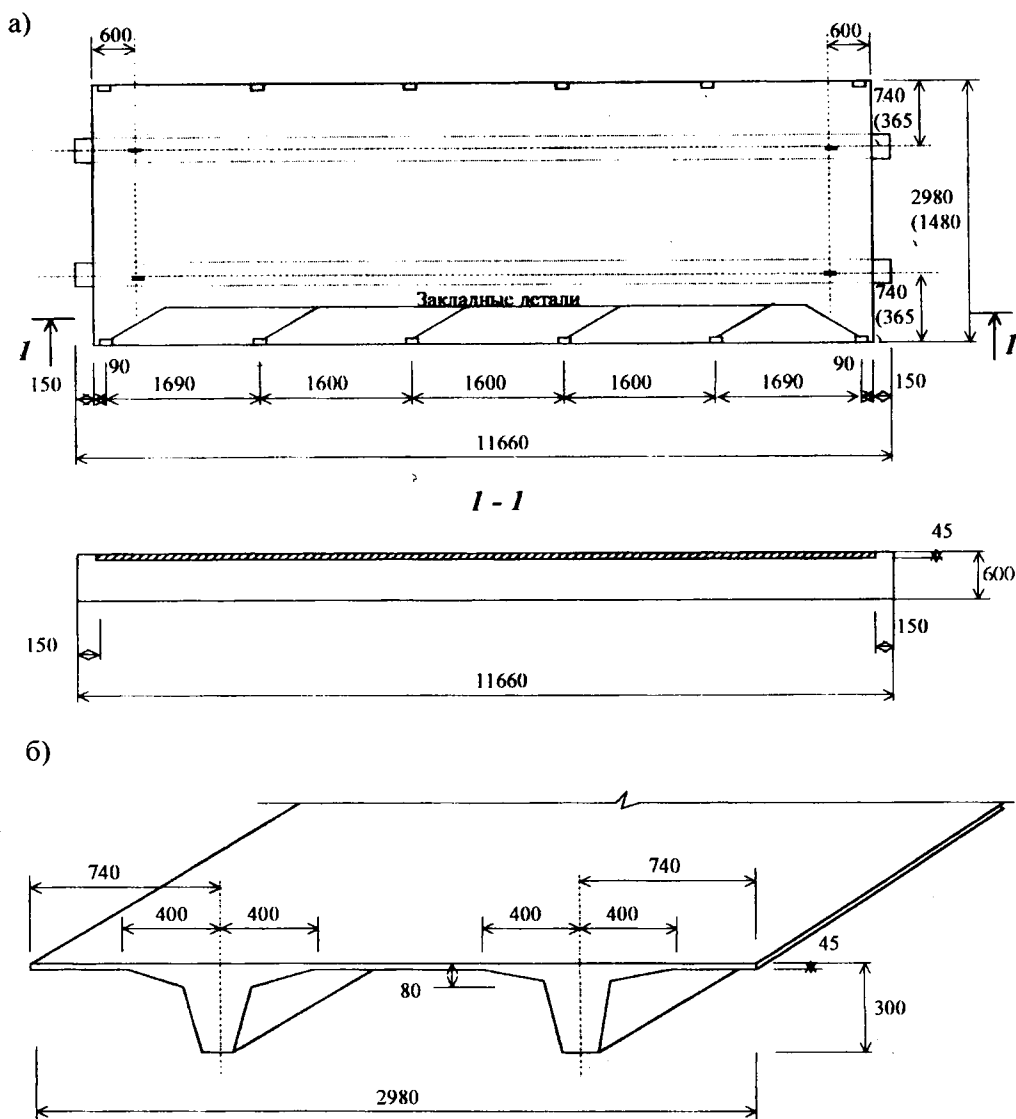


Рис. 3. Опалубочные размеры плит 2Т  
а — для пролета 12 м; б — для пролета 6 м

плиты шириной 1480 мм с расстоянием между продольными ребрами 750 мм и шириной 2980 мм с расстоянием между продольными ребрами 1500 мм. Высота этих плит принята в зависимости от пролета - 300 мм при пролетах 6 м и 600 мм - при пролетах 9 и 12 м.

Расстояние между продольными ребрами принято исходя из соображений обеспечения удобства опирания плит на ригели, возможности размещения между ними колонн каркаса здания и чтобы избежать переармирования полки плиты, которое могло бы произойти из-за увеличения консольного свеса полки при сближении продольных ребер. Выявлена целесообразность принятия переменной толщины полки, которая в середине между продольными ребрами назначена равной 35 мм, с учетом обеспечения прочности на продавливание и возможности размещения арматуры. Толщина свесов полки принята

равной 45 мм из условий: во-первых, компенсация невыгодных условий работы свесов полки как консолей; во-вторых, для удобства замоноличивания межплитного шва и размещения в них закладных деталей, которые обеспечивают совместную работу плит в составе диска перекрытия.

В местах примыкания к полкам продольных ребер предусмотрены вуты толщиной 80 мм, что увеличивает прочность полки в основании консольного свеса и создает арочный эффект на участке плиты между двумя продольными ребрами.

Ширина продольного ребра по низу принята 86 мм для плит шириной 1480 мм и 146 мм - для плит шириной 2980 мм.

Для изготовления всей номенклатуры на длинных стендах необходимо иметь всего четыре типоформы: две для плит шириной 1480 мм и две - для плит шириной 2980 мм.

Предусмотрено применение тяжелого бетона классов по прочности на сжатие В30 - В35. Ребра плиты армируются напрягаемой арматурой классов АтV для плит, эксплуатируемых в неагрессивной среде, и Ат-Vск - для плит, эксплуатируемых в слабо- и средне агрессивной средах. В качестве анкерующих устройств предусматривалось использование спиралей на концевых участках преднапряженной арматуры. В сварных каркасах и сетках применена стержневая арматура класса А-III и арматурная проволока класса Вр-I.

Для изучения работы новых усовершенствованных плит «2Т» при эксплуатационных нагрузках были проведены экспериментальные исследования. Экспериментально проверялась технология создания предварительного напряжения, армирования, бетонирования и отпуска предварительного напряжения.

Опытные плиты успешно прошли силовые испытания на прочность поперек при полосовом действии нагрузки в пространстве между продольными ребрами и на участках свесов и на общую прочность и жесткость плиты при распределенной по площади нагрузке.

Отсутствие поперечных ребер в проектируемых плитах позволило снизить расход бетона и стали; армирование полки этих плит одной сварной сеткой, в отличие от аналогов, уменьшило количество позиций в спецификации арматурных изделий и повысило технологичность изготовления. Расход стали в предлагаемых плитах составляет 70,6–97,9% и бетона 88–94% по сравнению с плитами «2Т» с торцевыми ребрами по серии 1.042.1-2.

## Библиографический список

1. Караковский А.К., Дьяченко П.Я. Железобетонные конструкции, изготавливаемые с применением непрерывного армирования. — Научно-технический реферативный сборник ЦИНИС, серия 8. — Строительные конструкции. Строительная физика, вып. 10, 1979.
2. Кодыш Э.Н. Оптимизация проектирования конструкций массового применения//Проектирование и инженерные изыскания, 1992, № 5.
3. Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Кустиков О.В. Повышение эффективности пустотных плит перекрытий//Промышленное и гражданское строительство, 1998, № 10.
4. Маркус Я.И. Равнопрочность элементов ребристых плит//Бетон и железобетон, 1980, № 7. — С. 13–14.

---

## В ПОМОЩЬ ПРОЕКТИРОВЩИКУ

---

Б.В.КАРАВАНОВ, д-р техн. наук (ЗАО "Инрекон")

## Нелинейный расчет сборно-монолитных железобетонных перекрытий

В сборно-монолитных перекрытиях плиты, которые опираются только по торцам, вдоль продольных замоноличенных стыков от одного смежного элемента к другому при загрузении перекрытия локальной или неравномерной нагрузкой передают вертикальные перерезывающие силы  $Q$  (рис.1). Если разложить силы  $Q_{i-1}$  и  $Q_i$ , действующие на произвольный элемент  $i$ , на симметричную  $V_s$  и антисимметричную  $V_t$  составляющие, то первая группа сил вызывает изгиб (изгиб возникает также от собственного веса плит, не являющегося локальной нагрузкой), а вторая – кручение. Таким образом, расчет сборно-монолитного железобетонного перекрытия сводится к определению усилий  $Q_i$  из условия совместности вертикальных прогибов смежных плит, при этом жесткости элементов при изгибе и кручении нелинейно зависят от нагрузки.

До последнего времени корректная методика нелинейного расчета указанных перекрытий не рассматривалась ни в отечественной, ни в зарубежной литературе, хотя общие подходы к решению аналогичных статически неопределимых задач известны [1]. Это объясняется двумя основными причинами.

Во-первых, алгоритм нелинейного расчета требует корректного использования метода последовательных приближений и, кроме того, аккуратного подхода, связанного с тем, что принцип наложения, строго говоря, не применим в условиях, когда зависимость между усилиями и вызываемыми ими деформациями не является линейной. Во-вторых, для решения задачи необходимо знать не абсолютные значения жесткостей элементов при изгибе и кручении, а два соотношения жесткостей: отношение жесткостей при изгибе смежных элементов и отношение жесткостей произвольного элемента при изгибе и кручении [2].



При неправильно выбранном алгоритме уточнения жесткостей решение задачи может стать или расходящимся или медленно сходящимся. Избежать этого удастся при условии, когда в рамках произвольной итерации  $j$  жесткости определяются дважды. Вначале задается распределение жесткостей  $S_j$ , затем вычисляются соответствующие усилия и по ним определяются новые значения жесткостей  $S_j^*$ . Для начального значения последующей итерации  $S_{j+1}$  принимается полусумма величин  $S_j$  и  $S_j^*$  предыдущей итерации, т.е.  $S_{j+1} = (S_j + S_j^*)/2$ .

В нелинейной стадии работы при локальном нагружении жесткости элементов отличаются друг от друга и при рассмотрении собственного веса сборных плит в качестве дополнительной внешней нагрузки дополнительные усилия  $Q_i$  оказываются, строго говоря, отличными от нуля, хотя в линейной стадии работы нагрузка от произвольной плиты на смежные элементы не передается (поскольку каждый элемент, обладающий одинаковой жесткостью, загружен одинаковым собственным весом). Поэтому если в качестве внешней нагрузки рассматривать только локальную нагрузку, то условие совместности в отношении вертикальных прогибов смежных плит (в дальнейшем - условие совместности) в точности не выполняется.

Следовательно, корректная методика нелинейного расчета должна предусматривать два основных этапа расчета, которые реализуют метод последовательных приближений. На этапе 1 внешней нагрузкой является локальная нагрузка, а собственный вес плит учитывается только при вычислении жесткостей элементов. На этапе 2 нагрузка от собственного веса плит вместе с локальной нагрузкой рассматривается как внешняя нагрузка и, так же как и на этапе 1, учитывается при определении жесткостей. На этапе 2 обеспечивается точное выполнение условия совместности и, таким образом, полученные усилия  $Q_i$  являются окончательными.

Алгоритм определения усилий  $Q_i$  при действии произвольных локальных нагрузок содержится в [2]. Из формулы (2) [2] следует, что распределение нагрузки в поперечном направлении зависит от отношения жесткостей при изгибе  $B$  (для половины плиты) смежных элементов  $i$  и  $i+1$  (от параметра  $\alpha = B_i / B_{i+1}$ ) и от отношения жесткостей элемента  $i$  при изгибе  $B$  и кручении  $B^*$  (от параметра  $\beta = B_i / B_i^*$ ).

Выше отмечалось, что при нелинейном расчете требуется повышенная аккуратность при выполнении математических преобразований. Например, если для участка перекрытия, состоящего из одинаковых плит и подверженного действию краевой локальной нагрузки, записать условие совместности в линейной стадии, а затем разделить правую и левую части условия совместности в произвольном стыке  $i$  на изгибную жесткость отдельной плиты, одинаковую для всех плит рассматриваемого участка перекрытия, то параметра  $\alpha$  в этих условиях не окажется, поскольку отношение изгибных жесткостей смежных плит равно 1. Затем при переходе к анализу в нелинейной стадии может

быть сделан вывод о том, что распределение локальной нагрузки в перекрытии зависит только от отношения жесткостей при изгибе и кручении, т.е. от одного параметра  $\beta$ . Такая некорректность допущена в работе [3].

На основании анализа многочисленных экспериментальных данных для перекрытий, состоящих из плит П-, 2Т-образного, а также коробчатого и многопустотного сечений получено [2], что параметр  $\beta$  равен значению  $\bar{\beta}$  для начальной стадии работы до уровня загрузки, соответствующего выключению из работы растянутого бетона. Параметр  $\bar{\beta}$  определяется по [2]. При дальнейшем возрастании крутящего воздействия  $\beta = \bar{\beta} / k^*$  (1), где  $k^* = \bar{V}_b / V_b$  (2);  $2V_b$  - общая нагрузка на плиту, вызывающая изгиб, равная сумме сил  $2V_s$  и собственного веса элемента;  $2\bar{V}_b$  - нагрузка  $2V_b$ , при которой растянутый бетон практически выключается из работы (по СНиП 2.03.01-84\*).

Формула (1) получена на основании выявленной из анализа приблизительно линейной зависимости между отношением  $f_t/f_b$  прогибов плиты при кручении  $f_t$  и изгибе  $f_b$  (с учетом также собственного веса конструкции) и интенсивностью антисимметричной нагрузки  $V_t$  от внешнего воздействия локальной нагрузки [4]

$$f_t/f_b = (\bar{\beta} / \bar{V}_b) V_t. \quad (3)$$

Зная параметр  $\beta$ , прогиб  $f_t$  можно получить на основе прогиба  $f_b$  при изгибе по формуле

$$f_t = \pm f_b \gamma \beta / (1 + q/2V_s), \quad (4)$$

где  $\gamma = V_t / V_s$ ;  $V_t = (Q_{i-1} + Q_i)/2$ ;  $V_s = (Q_{i-1} - Q_i)/2$ ;  $q$  - нагрузка от собственного веса плиты.

Отметим, что изгибную жесткость  $B$  при решении статически неопределимой задачи удобно вычислять по формуле  $B = kB_0$  где  $B_0$  - начальная изгибная жесткость, определяемая с учетом кратковременной ползучести бетона (например, по СНиП 2.03.01-84\*). На основании статистической обработки экспериментальных данных в диапазоне  $\eta$  от 0,1 до 0,7 ( $\eta = M/M_u$ ,  $M$  - действующий в сечении изгибающий момент,  $M_u$  - предельный изгибающий момент в этом сечении) коэффициент  $k$  задается полиномом третьей степени [5]  $k = a_0 + a_1\eta + a_2\eta^2 + a_3\eta^3$ , где корреляционные коэффициенты  $a_0, a_1, a_2, a_3$  зависят от характеристик сечения, пролета, бетона и арматуры, а также наличия или отсутствия предварительного напряжения. Предельная кривизна (при  $\eta = 1$ ) принимается по [6], а в диапазоне  $\eta$  от 0,7 до 1,0 коэффициент  $k$  задается в виде полинома второй степени [7]  $k = b_0 + b_1\eta + b_2\eta^2$ , где  $b_0, b_1$  и  $b_2$  зависят от предельной кривизны и величин  $a_0, a_1, a_2, a_3$ . Таким образом, величину  $k$  можно вычислять аналитически в диапазоне вплоть до  $\eta = 1,0$ .

Если величина краевой локальной нагрузки известна, например, если известна  $Q_0$  по рис. 1,б, то

алгоритм решения задачи включает два основных этапа, описанных выше, и предварительный этап, на котором определяется начальное распределение нагрузки (при этом задаются одинаковые для всех плит параметры  $\alpha_i=1$  и  $\beta_i=\bar{\beta}$ ). Усилия  $Q_i$  определяются по формуле (2) [2]. Затем, зная нагрузку  $V_b$ , вызывающую изгиб, определяют величины  $\alpha_i$  и по (1) параметры  $\beta_i$  для каждой плиты. Для первого приближения этапа 1 задаются величины  $\alpha$  и  $\beta$ , равные полусумме значений  $\alpha_i$  и 1, а также  $\beta_i$  и  $\bar{\beta}$ .

Для перекрытия по рис. 1,а величина  $Q_0$  в общем случае заранее неизвестна и определяется из условия совместности для средней плиты 0 подсистемы I и блока из плит 1...4 подсистемы II. При этом алгоритм решения усложняется в связи с тем, что заданной системе изгибных жесткостей  $B_i$  ( $i=0,1...4$ ) соответствуют различные сочетания  $Q_0$  и  $\beta_1$ , причем только одно из них соответствует условию совместности для подсистем I и II. Из этого условия совместности имеем

$$P/Q_0 = 1 + (1 - \lambda_1)(1 + \gamma_1\beta_1)\alpha_0/2, \quad (5)$$

где  $\lambda_i = Q_i/Q_{i-1}$ ;  $\gamma_i = (1 + \lambda_i)/(1 - \lambda_i)$ ;  $\alpha_0$  - отношение изгибных жесткостей плит 0 и 1;  $\alpha_0 = k_0/k_1$ .

Для этапа нелинейной работы для плит 0 и 1 неизвестными величинами в общем случае являются  $Q_0$ ,  $\gamma_1$  и  $\beta_1$ . Для определения  $Q_0$ ,  $\gamma_1$  и  $\beta_1$  в рамках каждой итерации имеется три зависимости для величины  $\gamma_1\beta_1$ :  $\gamma_1\beta_1$  находим по формуле (2) [2] - зависимость 1;  $\gamma_1\beta_1$  находим из (3) и (4) - зависимость 2;  $\gamma_1\beta_1$  находим по (5) - зависимость 3.

Из системы зависимостей 1, 2 и 3 определяем  $Q_0$ ,  $\gamma_1$  и  $\beta_1$  методом последовательных приближений, комбинируя зависимости 1 и 2 (при этом находим  $\beta_1$  и по (2) [2]  $\gamma_1$ ), а также зависимости 2 и 3 - при этом определяем  $Q_0$  из квадратного уравнения, используя ранее полученное значение  $\gamma_1$ . Затем из системы зависимостей 1 и 2 находим новые значения  $\gamma_1$  и  $\beta_1$ , используя ранее полученные значения  $Q_0$  и  $\gamma_1$ . Далее определяем новое значение  $Q_0$ . Третье приближение практически всегда дает окончательные значения  $Q_0$ ,  $\gamma_1$  и  $\beta_1$ , соответствующие заданным в рамках данной итерации значениям  $B_i$ .

Приведем пример расчета совместной работы плит в перекрытии в соответствии с предлагаемой методикой. В ЦНИПСе экспериментально исследовалась работа перекрытия, состоящего из 9 сборных железобетонных плит П-образного сечения при действии равномерно распределенной нагрузки  $P=82,25$  Н/см, расположенной на одной средней плите [8] (см. рис. 1,а). Перекрытие имело размеры в плане  $3,95 \times 4,66$  м; расчетный пролет плиты 389 см. В опыте прогиб  $f_0$  левого ребра плиты 1 составил 2,28 см, а правого  $f_1 = 0,91$  см. Погонная нагрузка от

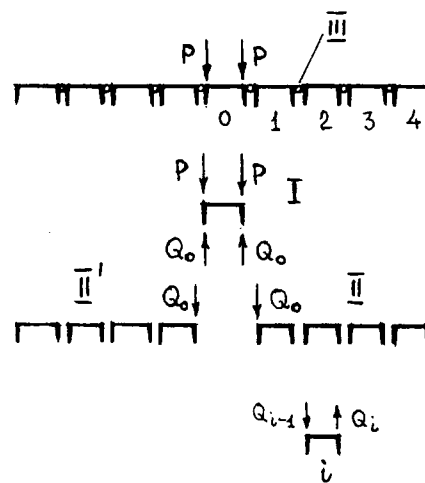


Рис. 1. Поперечное сечение перекрытия, состоящего из ребристых плит и загруженного локальной нагрузкой а — расчетная схема (III — продольные линейные шарниры, аппроксимирующие работу замоноличенных стыков); б — разложение перекрытия на три подсистемы (I, II и II'); в — вертикальные перерезывающие силы в смежных стыках элемента  $i$ ; 0, 1... 4 — номера плит в подсистемах I и II

собственного веса плиты  $q = 9$  Н/см. Получим прогибы плиты 1 расчетным путем.

Начальная изгибная жесткость  $B_0$  равна  $8,76 \cdot 10^9$  Н·см<sup>2</sup>. Равномерно распределенная нагрузка  $\bar{V}_b$ , при которой растянутый бетон ребер над трещинами выключается из работы, равна 13,2 Н/см. Предельный изгибающий момент  $M_u$  (для половины плиты) составляет 5,95 кН·м. Коэффициент  $k$  равен при  $0,1 < \eta \leq 0,7$   $k = 1,243 - 4,130\eta + 7,157\eta^2 - 4,329\eta^3$ , а при  $0,7 < \eta \leq 1,0$   $k = -0,127 + 1,906\eta - 1,695\eta^2$ .

На рис 2. показаны графики зависимости  $k$  и  $k^*$  по (2), а на рис.3 - зависимость (3) для плиты 1 в сопоставлении с экспериментальными данными. График на рис.3 подтверждает, что между отношением

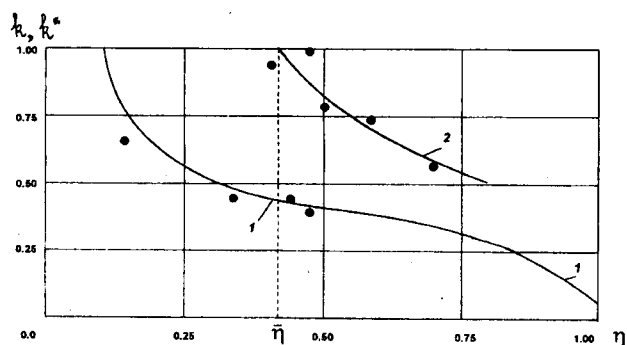


Рис. 2. Графики зависимости коэффициентов  $k$  (1) и  $k^*$  (2) от уровня нагружения

● — значения  $k$  и  $k^*$ , полученные на основании экспериментальных данных [8];  $\bar{\eta} = 0,42$  — величина  $\eta$ , соответствующая выключению из работы растянутого бетона ребер над трещинами

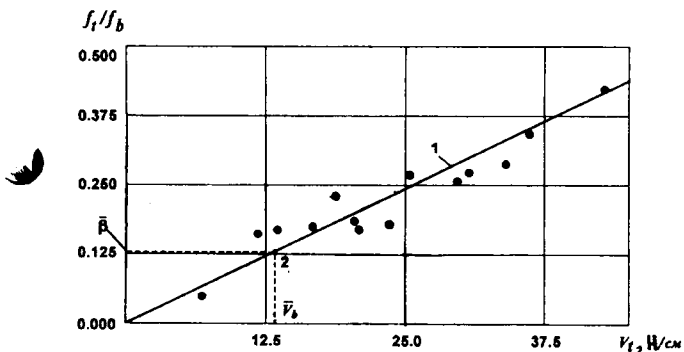


Рис. 3. Зависимость  $f_i/f_b$  от крутящей составляющей нагрузки  $V_t$

1 — расчетная зависимость; ● — значения, полученные на основании экспериментальных данных [8]; 2 — точка с координатами  $V_t = \bar{V}_b = 13,2 \text{ Н/см}$  и  $f_i/f_b = \bar{\beta} = 0,130$

$f_i/f_b$  и антисимметричной нагрузкой  $V_t$  существует приблизительно линейная зависимость. Для этапа 1 результаты нелинейного расчета представлены в таблице. Поскольку величина  $Q_0$  для третьего приближения отличается от значения  $Q_0$  для второго приближения всего на 0,05%, то за окончательные для этапа 1 принимаем усилия  $Q_i$  для третьего приближения.

При вычислении прогибов плиты 1 учитываем переменную жесткость вдоль пролета, а также то обстоятельство, что продольные трещины в полке от крутящих усилий в соответствии с [4] не образуются.

Прогибы по расчету левого  $f_0$  и правого  $f_1$  ребер плиты I, которые следует сопоставить с измеренными при испытании перекрытия, получаем как разность полных прогибов плиты с учетом нагрузки от ее собственного веса и прогиба плиты только от собственного веса, равного 0,15 см. Полный прогиб от изгиба  $f_b$  равен 1,70 см. По формуле (4) прогиб  $f_i$  при кручении равен  $|f_i| = 1,70 \cdot 2,610 \cdot 0,206 / [1 + 9 / (2 \cdot 16,38)] = 0,72$  см. Прогиб  $f_0$  равен  $f_0 = 1,70 + 0,72 - 0,15 = 2,27$  см (погрешность 0,4%), а правого -  $f_1 = 1,70 - 0,72 - 0,15 = 0,83$  см (погрешность 8,2%).

Дальнейшее уточнение расчета по этапу 2 представляет интерес с точки зрения корректности алгоритма статически неопределимой задачи (при окончательных усилиях  $Q_i$  условия совместности по прогибам должны удовлетворяться с заранее заданной малой погрешностью).

В заключение укажем на упрощенный, но достаточно точный способ определения предельной локальной нагрузки в сборно-монолитных перекрытиях на примере перекрытия по рис. 1,а [8]. В эксперименте полная разрушающая нагрузка на плиту 0 составляет 193,5 Н/см. Предельная локальная нагрузка  $P_u = (193,5 - 9) / 2 = 92,25$  Н/см. В предельной стадии на загруженную плиту 0 передается примерно такая же часть локальной нагрузки, как и для приближения 1 этапа 1 (см. таблицу), когда рассматривается локальная нагрузка, составляющая 80-90% предельной, определенной нижеописанным способом для соотношений начального приближения. Для описанного выше примера  $P/P_u = 0,89$ . На

Обозначение величины	П р и б л и ж е н и я			
	начальное	1	2	3
$k_0$	-	0,374/0,345	0,360/0,357	0,358/0,357
$k_1$	-	0,392/0,390	0,391/0,389	0,390/0,389
$k_2$	-	0,465/0,487	0,476/0,483	0,480/0,481
$k_3$	-	0,568/0,571	0,570/0,571	0,570/0,571
$k_4$	-	0,634/0,627	0,630/0,626	0,628/0,626
$\beta_1$	0,130	0,205	0,205	0,206
$V_0$ (в Н/см)	60,38	58,46	59,11	59,14
$\lambda_1/V_1$ (в Н/см)	0,466/28,14	0,443/25,90	0,446/26,36	0,446/26,38
$\lambda_2/V_2$ (в Н/см)	0,4 / 12,72	0,493/12,77	0,489/12,89	0,487/12,84
$\lambda_3/V_3$ (в Н/см)	0,385/4,90	0,406/5,18	0,404/5,21	0,404/5,19

загруженную панель 0 передается 1 -  $58,46/82,25 = 0,289$  часть нагрузки  $P$ . Полная предельная нагрузка на отдельную плиту (ее половину) равна  $M_u / (l^2/8) = 31,45$  Н/см. За вычетом собственного веса эта предельная нагрузка равна  $31,45 - 4,5 = 26,95$  Н/см. Следовательно, предельная локальная нагрузка равна  $26,95/0,289 = 93,25$  Н/см (погрешность 1,1%).

### Вывод

Предложен корректный алгоритм нелинейного расчета сборно-монолитных железобетонных перекрытий, предусматривающий два этапа. На этапе 1 собственный вес плит учитывается только при вычислении жесткостей элементов, а на этапе 2 собственный вес элементов является внешней нагрузкой наряду с локальной и при этом в точности выполняется условие совместности по прогибам смежных плит.

### Библиографический описок

1. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. - М.: Стройиздат, 1996. - 413 с.

2. Карabanов Б.В. Практическая методика расчета совместной работы сборных железобетонных плит в перекрытии // Бетон и железобетон. - 2000. - №3. - С. 11-15.

3. Baikov V.N. Precast reinforced concrete slabs under longitudinal strip loads // Indian Concrete Journal. - 1963. - August. - P.302-305.

4. Карabanов Б.В. Новые конструктивные решения несущей системы каркасно-панельных зданий и нелинейные методы их расчета: Автореф. дис. ... докт.техн.наук. - М., 1998. - 41 с.

5. Пепанян А.А. Практический метод расчета изгибаемых железобетонных элементов по деформациям // Сб. статей молодых работников Арм. НИИСа / Арм. НИИС. - Ереван, 1980. - С. 83-88.

6. Панышин Л.Л., Карabanов Б.В. Приближенный метод определения предельной кривизны элементов // Бетон и железобетон. - 1982. - №12. - С. 34.

7. Карabanов Б.В. Приближенный способ определения кривизны элементов в стадии, близкой к разрушению // Экспресс-информация / Строительство и архитектура. Сер. 10 / Инженерно-теоретические основы строительства. Вып.2. - ВНИИС Госстроя СССР, 1986. - С. 2-6.

8. Горнов В.Н. Исследования прочности и жесткости промышленных конструкций жилых домов. - М.: Госстройиздат, 1954. - 240 с.

А.С.МАХНО, инж. (НИИЖБ)

## Оценка надежности изгибаемых элементов, усиленных наращиванием сечения

В работе приводится методика оценки надежности и результаты вероятностных расчетов изгибаемых элементов прямоугольного сечения, усиленных наращиванием. Рассматривается только первая группа предельных состояний, и считается, что прочность по наклонному сечению обеспечена обычным детерминированным расчетом и необходимыми конструктивными мероприятиями.

Для усиленного элемента (рисунок), несущая способность зависит от положения границы сжатой зоны и может быть определена по формуле:

$$\left. \begin{aligned} \text{при } x \leq c: M_u &= R_{b2}bx(h_0 + c - 0,5x) \\ \text{при } x > c: M_u &= R_{b2}bx(h_0 + 0,5c) + \\ &+ R_{b1}b(x - c)[h_0 - 0,5(x - c)] \end{aligned} \right\} (1)$$

где положение границы сжатой зоны  $x$  определяется из условия:

$$\left. \begin{aligned} \text{если } R_s A_s < R_{b2}bc: x &= R_s A_s / (R_{b2}b) \\ \text{если } R_s A_s > R_{b2}bc: x &= [R_s A_s - bc * \\ &* (R_{b2} - R_{b1})] / (R_{b1}b) \end{aligned} \right\} (2)$$

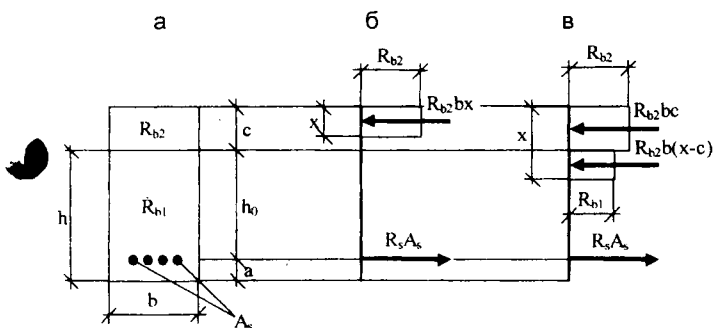
Расчетные сопротивления бетонов и арматуры принимаются за случайные величины, распределенные по нормальному закону. Все остальные параметры (геометрические размеры и нагрузки) считаются детерминированными.

Среднее значение прочности бетона усиления определяется по формуле:

$$m_{b2} = \frac{R_{bn,2}}{1 - 1,64v_{b2}} \quad (3)$$

где  $R_{bn,2}$  - нормативное значение прочности бетона усиления на сжатие, определяемое по СНиП 2.03.01-84\*;  $v_{b2}$  - коэффициент вариации прочности бетона усиления, принимаемый по данным завода изготовителя-поставщика, либо по данным БРУ, а при отсутствии данных указанных выше -  $v_{b2} = 0,135$ .

Среднее значение и коэффициент вариации прочности бетона основного элемента принимается по результатам статистической обработки данных натуральных испытаний.



Изгибаемый элемент, усиленный наращиванием  
*a* — сечение; *b, в* — внутренние предельные усилия соответственно при  $x \leq c$  и  $x > c$

Надежность усиленной конструкции определяется как вероятность выполнения неравенства

$$\tilde{M}_u > M, \quad (4)$$

где  $\tilde{M}_u$  — случайная величина несущей способности усиленной конструкции;  $M$  — внешний детерминированный изгибающий момент.

Надежность усиленной конструкции (или вероятность ее отказа) определяется при помощи модифицированного метода Монте-Карло. Алгоритм вычисления надежности состоит из следующих операций:

1. Назначается критическое сечение, в котором возможно разрушение конструкции.
2. Назначается количество реализаций случайных величин характеристик критического сечения (прочностей бетонов и арматуры). Пусть число реализаций будет  $t$ .
3. Используя счетчик случайных чисел, вычисляются значения случайных параметров, указанных в п.2.
4. По одной из формул (1) определяется реализация несущей способности конструкции.
5. Расчеты по п.п. 3, 4 повторяются  $t$  раз и одновременно вычисляются начальные статистические моменты от первого до четвертого порядков  $(m_1, \dots, m_4)$ .
6. По формулам теории вероятностей и по  $(m_1, \dots, m_4)$  вычисляются второй, третий и четвертый центральные статистические моменты  $(\mu_2, \mu_3, \mu_4)$ .
7. По статистическим моментам  $m_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$  подбирается одна из кривых Пирсона\* —  $f(x)$  (кривая плотности вероятности несущей способности).
8. Вычисляется надежность усиленной конструкции по формуле

$$R = 1 - \int_{-\infty}^M f(x) dx. \quad (5)$$

На этом алгоритм свою работу заканчивает.

При помощи указанного алгоритма можно решить задачу определения такого значения несущей способности,

при котором ее обеспеченность была бы равна заданной величине, то есть несущей способности усиленного элемента с заданной обеспеченностью —  $M_R$ . Для этого необходимо выполнить семь пунктов алгоритма, а затем путем одномерного поиска на кривой  $f(x)$  найти значение  $M$ , при котором надежность конструкции  $R(5)$  равняется заданной величине.

Одной из характеристик надежности является характеристика безопасности  $\beta$ , которая при детерминированном  $M$  может быть определена по формуле

$$\beta = \frac{m_1 - M}{\sqrt{\mu_2}}, \quad (6)$$

где  $m_1$  и  $\mu_2$  определяются по приведенному алгоритму. Характеристика безопасности была выбрана в качестве критерия при оценке изменения надежности элемента. Поэтому все выводы по надежности получены путем анализа полученных значений  $\beta$ .

Выбор характеристики безопасности в качестве основного показателя надежности основывается на том, что при любых коэффициентах армирования, как показали исследования, закон распределения несущей способности усиленного элемента близок к нормальному.

Для вычисления надежности усиленных изгибаемых элементов в НИИЖБ (лаб. №1) составлена программа для ЭВМ, позволяющая проводить вероятностные расчеты сечений любой формы при усилении набеотонками, рубашками и обоймами. Выходными параметрами программы являются: надежность, характеристика безопасности, среднее значение несущей способности, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, тип кривой Пирсона и ее параметры, несущая способность с заданной обеспеченностью, таблица надежности при различных нагрузках и т.п.

По данной программе проведены исследования надежности изгибаемых элементов прямоугольного сечения, усиленных набеотонками. Исследования проводились при различных значениях прочности бетонов усиления и бетонов основных элементов; размеров набеотонки; процентов армирования; коэффициентов вариации прочности бетонов и арматуры и т.д. Диапазон изменения коэффициентов вариации для бетонов принимался в интервале  $[0,8 v_{b2}; 1,2 v_{b2}]$ , где  $v_{b2} = 0,135$ , а для арматуры —  $[0,8 v_{s2}; 1,2 v_{s2}]$ , где  $v_{s2} = 0,05$ .

За детерминированную нагрузку  $M$  при определении характеристики безопасности  $\beta$  принималась несущая способность усиленного сечения, определенная по действующей методике СНиП при детерминированных значениях прочностных характеристик бетонов и арматуры.

Выявлено влияние изменчивости различных случайных параметров на надежность усиленных элементов при различных коэффициентах армирования, размерах набеотонки и прочностей бетонов.

При проведении исследований получены следующие результаты.

1. Во всех случаях влияние изменчивости прочности обоих бетонов на надежность усиленных элементов не-

\* Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. — М.: Наука. — 1974. — 474 с.

значительно. Разница между значениями  $\beta$  при  $v_{b2} = 0,1$  и  $v_{b2} = 0,16$  составляет примерно  $0,03 \div 0,08$ .

2. Наибольшее влияние на надежность усиленных элементов оказывает изменчивость прочности арматуры. В этом случае разница между значениями  $\beta$  при  $v_{s2} = 0,04$  и  $v_{s2} = 0,06$  -  $0,7 \div 0,8$ .

3. Если граница сжатой зоны бетона с большой вероятностью будет располагаться в основном элементе (случай 1), то надежность такой конструкции оказывается выше ( $\beta = 4,1$  при  $v_{b2} = 0,135$ ), чем у балок с другим расположением этой границы. Причем, наименьшее значение надежности ( $\beta = 3,3$  при  $v_{b2} = 0,135$ ) достигается в случае, когда граница сжатой зоны с большой вероятностью расположена в бетоне усиления (случай 2). При

этом элемент с полученным, в результате усиления, составным сечением оказывается равнонадежен элементу со сплошным сечением, выполненным из бетона того же класса, что и бетон усиления.

Промежуточное значение надежности между двумя описанными случаями достигается тогда, когда нейтральная ось с вероятностью примерно 0,5 попадает в один из двух бетонов.

Факт увеличения надежности в первом случае по сравнению со вторым объясняется тем, что вероятность достижения предельного состояния одновременно в двух материалах ниже, чем в одном.

По результатам исследований получен вывод о том, что усиленная конструкция в основном надежней конструкции из одного бетона при их одинаковой несущей способности и прочих равных параметрах.

---

## ЗАВОДСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО

---

### Качественная формооснастка для собственных нужд — собственными силами

Период экономического спада привел к развалу многих машиностроительных предприятий, в том числе занятых изготовлением формовой оснастки. Это побудило руководство АООТ "СТРОЙДЕТАЛЬ" (Санкт-Петербург) организовать производство металлоформ для нужд собственного завода ЖБИ на свободных площадях завода металлоконструкций. За 1999–2000 гг. были удовлетворены основные собственные потребности. Сегодня предприятие готово поставлять оснастку и для сторонних заказчиков.

Основной вид продукции — формы для изготовления многопустотных панелей перекрытий с предварительно напряженной стержневой арматурой. Конструкторская и технологическая документация разрабатывается собственными силами, что обеспечивает оперативный выпуск продукции. В процессе разработки документации формы рассчитываются на предельно допустимые нагрузки при минимальной металлоемкости.

Гарантированный положительный прогиб поддона рассчитывается исходя из габаритов изделий, количества, диаметра применяемой арматуры и составляет 3–5 мм при длине поддона до 9 м. Продольные борта форм типа ВПК изготавливаются из гнутого швеллера и листа с пуклями. В пустотах швеллера устанавливаются ребра жесткости. Стенки торцевых бортов, также усиленные ребрами жесткости, изготавливаются из листа толщиной 16 мм. На стыке бортов устанавливаются замки для приведения формы в рабочее состояние. Поддон состоит из швеллера от № 18 до № 30 (в зави-

симости от длины и нагруженности формы) и листа поддона толщиной 10 мм. Исходя из требуемой жесткости, на поддоне устанавливаются дополнительные усиления и упоры со съёмными термообработанными накладками для установки арматуры. Поле допуска по наружному размеру накладок составляет 0–2 мм, что даже жестче ГОСТовских требований. На поддоне имеются также 4 рым-опоры и 4 полки для автоматического захвата. Борты соединяются с поддонами посредством шарниров.

Наряду с формами ВПК производим двухместные термоформы лестничных маршей. Обогрев изделий осуществляется паром, проходящим через поддон, ступенеобразователь и борты, что требует полной герметичности сварных швов. Для предотвращения тепловых потерь предусмотрена дополнительная теплоизоляция бортов и поддона.

Также изготавливаем формы для бетонирования плит ленточных фундаментов, кассетные формы железобетонных плоских плит ПП-11; 12; 13, формы водоотводного коробчатого лотка, рамы вибрируемые. Квалификация персонала и опыт позволяют выпускать оснастку для формовки любых железобетонных изделий как по своим чертежам, так и по чертежам заказчика. Производительность участка — до 8 изделий в месяц.

**В.Ф.ГРИНЮК**, начальник участка формооснастки завода металлоконструкций АООТ "СТРОЙДЕТАЛЬ", Санкт-Петербург

В.М.ЛАТЫПОВ, В.В.БАБКОВ, доктора техн. наук, Р.Ф.ВАГАПОВ, канд. техн. наук,  
Э.Х.ШАРИПОВ, В.Г.АРХИПОВ, инженеры (Уфимский государственный нефтяной  
технический ун-т)

## Долговечность конструкций железобетонных резервуаров для хранения сырой нефти

Резервуарные парки объектов сбора, хранения и транспорта нефти наряду с металлическими надземными резервуарами включают значительную долю полузаглубленных железобетонных резервуаров в сборном и сборно-монолитном исполнении. Одной из особенностей эксплуатации этих ответственных в экологическом отношении объектов является трудность своевременного освидетельствования их технического состояния, что обусловлено необходимостью приостановки эксплуатации и полной очистки внутреннего пространства от парафино-асфальто-смолистых отложений (ПАСО) и последующей дегазации. В связи с этим, при нормативной периодичности обследования не более 10 лет [1], подавляющее большинство железобетонных резервуаров не подвергалось необходимому освидетельствованию с момента пуска их в эксплуатацию. Ситуация осложняется тем, что основная часть железобетонных резервуаров для нефти была возведена около 40 лет назад и к настоящему времени нормативный срок эксплуатации этих объектов превышен почти в два раза.

С целью изучения негативного влияния эксплуатационной среды на техническое состояние резервуаров в 1999-2001 гг. авторами были проведены работы по их комплексному обследованию. В качестве объектов-представителей были выбраны три типа резервуаров первого и второго поколений (по терминологии авторов работы [2]), принципиально отличающихся по конструктивному решению и разработанные разными организациями (табл. 1). Резервуары эксплуатировались с 1961...1963 гг. для хранения сырой нефти в составе крупных парков

Альметьевского (АРНУ) и Ромашкинского (РРНУ) районных нефтепроводных управлений ОАО "Северо-Западные магистральные нефтепроводы" на станции "Калейкино" нефтепровода "Дружба-1".

Несущий остов всех трех резервуаров образован сборными наружными стенками с замоноличенными стыками, внутренними колоннами и монолитным днищем. Помимо формы в плане, значительные отличия имеются в конструктивном решении покрытий резервуаров. Так, покрытие прямоугольного резервуара (тип I) представлено ребристыми плитами размером 1x5 м, уложенными на ригели в ячейках 5x5 м во взаимно-перпендикулярном направлении (табл. 1). Покрытие цилиндрического резервуара II типа образовано ребристыми Т-образными секторными плитами пролетом 18 м, опирающимися в центре на железобетонный контур в виде шестигранника (рис. 1). Покрытие цилиндрического резервуара III типа (построенного в 1963 г. уже по типовому проекту) выполнено из ребристых П-образных секторных плит пролетом от 5.8 до 7.0 м, опирающихся на два ряда кольцевых балок, центральную колонну с капителью и наружную

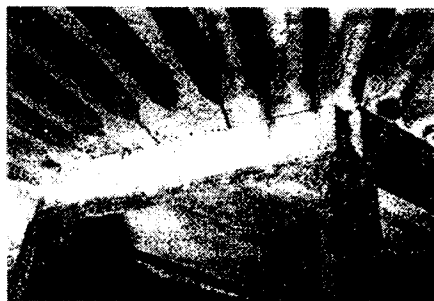


Рис. 1. Цилиндрический резервуар. Общий вид покрытия в центральной части резервуара

стенку. Принципиальные отличия имеются как в схеме работы, так и в армировании конструкций резервуаров. Прямоугольные резервуары выполнены без предварительного напряжения как отдельных конструкций, так и стыков между ними. Цилиндрические резервуары выполнены с предварительным напряжением отдельных сборных элементов — плит покрытия, а также напряжением стены в кольцевом направлении. По условиям эксплуатации железобетонные и металлические конструкции резервуаров могут быть разделены на две группы — в зависимости от характера агрессивного воздействия эксплуатационной среды:

**1 группа:** конструкции, находящиеся ниже уровня нефти (фундаменты, днище, а также расположенные ниже уровня нефти части стен и колонн);

**2 группа:** конструкции, находящиеся выше уровня нефти (верхняя часть колонн и стен, а также балки и плиты).

Наиболее характерные признаки агрессивности внешней среды для конструкций 1 и 2 групп приведены в табл. 2. С точки зрения действующих нормативов [5] сырая нефть по совокупности параметров является средой "средне-", "слабо-" или "неагрессивной" к бетону марок по водонепроницаемости W4, W6 и W8, соответственно. При выявлении механизма коррозионного воздействия на бетон и железобетон следует учитывать, что сырая нефть наряду с углеводородной частью содержит соединения, включающие кислород, серу, азот, металлы, а также воду, хлориды и сероводород. Кроме того, в последние годы наметилась тенденция к добыче высокосернистой нефти, для кото-

Таблица 1. Основные конструктивные отличия обследованных резервуаров




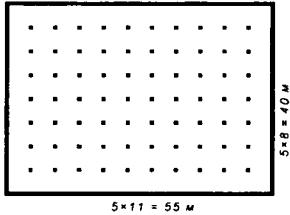
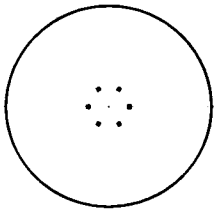
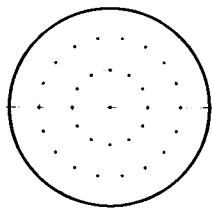
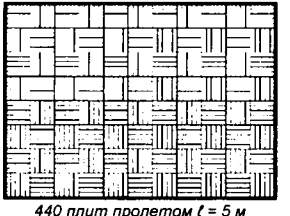
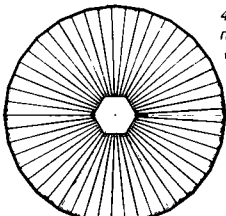
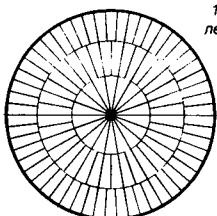
Тип резервуара	<i>Tun I</i>	<i>Tun II</i>	<i>Tun III</i>
Конфигурация	Прямоугольный	Цилиндрический	
Внутренние опоры	Сетка колонн с шагом 5×5 м	6 колонн в центре резервуара	30 концентрически расположенных колонн + 1 колонна в центре
Вертикальный разрез			
План стен и колонн			
План плит покрытия			
Характеристика проекта	Индивидуальный проект института Гипротрубопровод, М., 1960.	Индивидуальный проект института ВНИИСТ ЭКБ по железобетону, М., 1962.	Типовой проект [3]

Таблица 2. Признаки агрессивности эксплуатационной среды по отношению к конструкциям резервуара

Группа конструкций	Тип конструкций	Вид конструкций	Вид агрессивного воздействия	Вид коррозии (в т.ч. по терминологии авторов работы [4])
Первая	Железобетонные	Фундаменты, днище, а также расположенные ниже уровня нефти части стен и колонн	Слабоминерализованная или подкисленная вода, обогащенная растворенным кислородом и сероводородом («подтоварная» вода в нижней части резервуара)	<ul style="list-style-type: none"> <li>коррозия выщелачивания (коррозия бетона первого вида);</li> <li>кислотная коррозия (коррозия бетона второго вида);</li> <li>сульфатная коррозия (коррозия бетона третьего вида).</li> </ul>
			Сырая нефть	<ul style="list-style-type: none"> <li>снижение прочности сцепления арматуры с бетоном из-за адсорбционного понижения прочности бетона;</li> <li>коррозия арматуры железобетона.</li> </ul>
Вторая	Железобетонные	Балки и ребристые плиты покрытия, а также расположенные выше уровня нефти части колонн и стен	Газовоздушная среда с высокой влажностью воздуха и повышенной концентрацией углекислого газа, сернистого ангидрида и сероводорода	Газовая коррозия железобетона (газовая коррозия первого вида)
	Металлические	Балки в центральной части свода, закладные детали сборных ж/б конструкций		Атмосферная (сплошная) коррозия стали в среде агрессивных газов

Таблица 3. Усредненные данные по содержанию агрессивных компонентов в нефти, хранившейся в резервуарных парках АРНУ и РРНУ

№ п/п	Вид нефти	Содержание серы S		Содержание хлоридов, мг/л	Содержание сероводорода H <sub>2</sub> S, мг/л	Температура нефти, °С	
		Тип нефти	Содержание S, %			зимой (min)	летом (max)
1.	Пермская	Сернистая (S<1.8%)	0.7	40	—	3	20
2.	Тюменская		0.4...1.3	—	—	5	16
3.	Татарская (девонская)		1.4...1.9	30...100	—	8	25
4.	Удмуртская	Высокосернистая (S>1.8%)	2.2...3.0	—	50	8	20
5.	Башкирская		2.6...3.0	—	—	8	20
6.	Татарская (угленосная)		2.8...3.8	—	30	8	25



рой характерно также повышенное содержание хлоридов (от 100 до 1800 мг/л), что является весьма агрессивным фактором для предварительно напряженных железобетонных конструкций. По архивным данным химических лабораторий АРНУ и РРНУ, железобетонные резервуары в нефтепарках этих управлений использовались для хранения в основном, шести видов нефти, содержание в которых агрессивных к бетону и железобетону компонентов приведено в табл. 3.

Агрессивность газовой среды внутри резервуара согласно норм [5] определяется видом газа и его концентрацией, а также влажностью воздуха. В обследованных резервуарах обнаружено повышенное содержание углекислого газа и сероводорода в концентрациях, позволяющих отнести эти газы к группам С и D. Кроме того, в связи с наличием в нефти диспергированной воды и лишь периодической сменой воздуха при заполнении и опорожнении резервуара, влажность воздуха в прикрышной зоне может достигать 90...100%, т.е. режим эксплуатации конструкций крыши следует классифицировать как "влажный" или "мокрый" с периодическим образованием конденсата на поверхности конструкций.

В результате комплексного обследования установлено, что железобетонные конструкции резервуаров имеют физический износ в пределах 25...28% вследствие воздействия коррозионной среды и отрицательных температур. Ни в одной из несущих конструкций железобе-

тонного каркаса и покрытия не зафиксировано состояния, соответствующего термину "недопустимое" или "аварийное". Установлено практически полное соответствие фактического армирования конструкций проектным данным (за исключением 18 метровых плит, где применено более мощное армирование), а прочность бетона в 80% случаев была выше проектной.

Техническое состояние конструкций зависит в основном от места их расположения относительно уровня нефти: ниже уровня налива нефти железобетон практически не имеет следов коррозионного воздействия среды, тогда как в вышерасположенных конструкциях обнаружена коррозия арматуры и локальные повреждения защитного слоя бетона. Причинами хорошей сохранности конструкций первой группы являются следующие обстоятельства: "слабая" агрессивность нефти к бетону высокой плотности; ограниченное доступа кислорода; заметное экранирующее действие слоя ПАСО, фактически образующих защитное покрытие барьерного типа. Так, толщина слоя ПАСО на днище цилиндрического резервуара до его очистки перед обследованием превышала 2 м, а на стенах — 5...10 см. Обнаруженные повреждения конструкций второй группы обусловлены, главным образом, проявлением коррозии карбонизации. Однако, степень повреждения наиболее ответственных конструкций — ребристых плит покрытия — и в этом случае незначительна: глубина карбонизации в среднем в

1.5...2 раза меньше толщины защитного слоя бетона для рабочей арматуры, конструктивная же арматура и арматура полок плит, имеющая малую толщину защитного слоя, повреждена коррозией на площади до 20% от общей площади покрытия (табл. 4).

Относительно малая глубина карбонизации за длительный период эксплуатации обусловлена высокой влажностью воздуха внутри резервуара и высоким качеством бетона: его низкой проницаемостью, а также оптимальным гранулометрическим составом и качеством заполнителей. Обнаруженные на поверхности отдельных плит проявления коррозии бетона первого вида в местах фильтрации атмосферных вод через проломы и трещины в полках плит практически не повлияли на снижение прочности бетона. Необходимо отметить, что примерно на 35% площади поверхности полок ребристых плит имеются трещины механического происхождения, вызванные, вероятнее всего, динамической нагрузкой на покрытие при монтаже или при проведении ремонтных работ на крыше резервуаров. В пользу этого свидетельствует факт откола защитного слоя бетона полок на больших участках площади в ряде плит.

Помимо коррозионного воздействия среды, снижение эксплуатационных показателей плит покрытия происходит по причине размораживания бетона этих конструкций, находящегося в условиях почти 100%-ной влажности, что отмечается также авторами работ [2, 6]. Необхо-

Таблица 4. Результаты физико-химических и физико-механических испытаний бетона

Наименование объекта	Наименование конструктивного элемента	Прочность бетона (МПа)		Толщина защитного слоя, мм		Глубина карбонизации защитного слоя бетона, мм	Влажность бетона по массе, %	Водопоглощение бетона по массе, %
		проектная	фактическая	проектная	фактическая			
Прямоугольный резервуар (тип I)	Ребро плиты у опоры	20	22.6	20 (15)*	8...24 (5...21)	3	0.66	4.83
	Ребро плиты в середине пролета						0.48	4.25
	Ригель	20	18.9	20	16...22	—	0.48	3.07
Цилиндрический резервуар (тип II)	Ребро плиты у опоры	30	36.2	15 (18)*	8...16 (6...22)	6	0.24	4.06
	Балка	30	24.7	24	18...28	7	0.59	3.99
	Колонна	30	28.4	32	24...47	5	0.38	2.47
Цилиндрический резервуар (тип III)	Плита, поперечное ребро	30	39.6	22 (15)*	4...36 (1...23)	1.5...10.0	1.49	3.67
	Балка	30	40.2	—	3...67	1.0...2.3	1.48	3.79
	Опорная подушка (надколонная)	—	—	—	—	—	1.71	4.11
	Колонна	20	31.7	40	21...59	0.5...2.0	0.90	1.03

\* — данные для продольных ребер плит; в скобках указана толщина защитного слоя в полках ребристых плит.

димо отметить, что конструкции плит постоянно увлажняются также и сверху, поскольку проектами резервуаров предусмотрено создание на их кровле зеркала воды за счет устройства бортиков по периметру с тем, чтобы за счет постоянного водонасыщения бетона обеспечить лучшую газонепроницаемость покрытия.

Металлические конструкции резервуаров, не имеющие защитных покрытий, получили значительные повреждения (см. табл. 2), глубина коррозии конструкций люков и закладных деталей составляет от 0.5 до 1.5 мм. Таким образом, нормы [5] в целом достаточно объективно оценивают степень агрессивного воздействия среды по отношению к металлическим конструкциям резервуаров (балки, закладные детали, оборудование и т.п.), имеющим сильный коррозионный износ.

Одним из главных условий работоспособного состояния цилиндрических резервуаров является сохранение необходимого уровня предварительного напряжения в стенках за счет их обжатия кольцевой арматурой навивки. В результате обследования установлено отсутствие каких-либо механических или коррозионных повреждений в этой арматуре и хорошая сохранность слоя торкрет-раствора.

В связи с выводом прямоугольного резервуара из эксплуатации представилась возможность проведения испытаний двух ребристых плит покрытия. В результате испытания до стадии развития пластических деформаций в рабочей растянутой арматуре ребер было установлено, что обе плиты имеют общий запас по сравнению с проектной расчетной нагрузкой, определенный по СНиП [7], по прочности — более чем в 2 раза, а по жесткости — в 1.5 раза (рис. 2). По результатам послойного физико-химического анализа проб бетона, отобранных из конструкций прикрывной части резервуара установлено изменение состава бетона лишь в поверхностном слое на глубину не более 2.0 мм.

**Комплекс выполненных обследовательских работ позволяет сделать следующие выводы:**

1. Техническое состояние всех обследованных резервуаров в целом удовлетворительное (по терми-

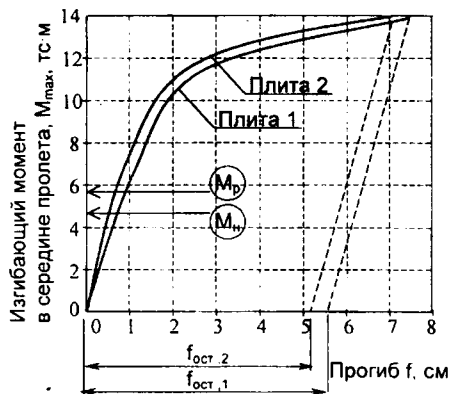


Рис. 2. Результаты испытания ребристых плит покрытия

$M_p$  — изгибающий момент от расчетной нагрузки;  $M_n$  — изгибающий момент от нормативной нагрузки;  $f_{ост}$  — остаточный прогиб после снятия нагрузки

нологии ГОСТ 27.002-89 "Надежность в технике" — "ограниченно работоспособное").

2. Наиболее сильные повреждения вследствие коррозии арматуры и размораживания бетона имеют конструкции, расположенные в зоне газовой среды резервуаров, т.е. выше уровня налива нефти. Влияние агрессивной подтоварной воды на железобетон снижается ввиду экранирующего действия ПАСО.

3. Коррозионные повреждения железобетонных конструкций резервуаров за период, почти в два раза превышающий их нормативный срок службы, относительно невелики: с учетом повреждений от действия отрицательных температур, физический износ конструкций составляет 25...28%. Рассчитанный согласно методике работы [8] ресурс долговечности наиболее уязвимых элементов — плит покрытия — составляет не менее 10 лет. В связи с этим целесообразно пересмотреть либо требования СНиП 2.03.11-85 — путем уменьшения степени агрессивного воздействия среды по отношению к бетону и железобетону на одну ступень, либо инструкцию [1] — путем увеличения нормативного срока службы резервуаров для нефти до 40...50 лет.

4. При проектировании защиты железобетонных конструкций резервуаров целесообразно ограничиваться средствами первичной защиты, главным образом, повышением плотности бетона. Оптимальным

способом защиты металлических конструкций и закладных деталей является их торкретирование, поскольку в случае применения любого другого из средств вторичной защиты потребуется их возобновление, что малоэффективно из-за затрудненных условий производства работ.

5. С учетом положительных в целом результатов обследований, на современном этапе технико-экономически целесообразно сохранение существующих резервуаров, несмотря на превышение этими объектами нормативных сроков службы (за исключением емкостей, получивших физический износ в 50% и более), с выполнением работ по капитальному ремонту конструкций, находящихся выше уровня налива нефти. Эти работы должны включать восстановление защитного слоя бетона, утепление и гидроизоляцию конструкций крыши. Остаточный ресурс железобетонных конструкций покрытия в этом случае может составлять 15...20 лет и более.

## Библиографический список

1. Инструкция по техническому обследованию железобетонных резервуаров для нефти и нефтепродуктов. — М.: НПК "Изотермик", 1997. — 40 с.
2. Рубинштейн А.Б., Морозов Н.С., Зайпольд В.В. Предварительно напряженные монолитные резервуары для нефтепродуктов/ Бетон и железобетон. — №6. — 1996.
3. Атлас рабочих чертежей специальных стальных и железобетонных резервуаров для нефти и нефтепродуктов / Бунчук В.А., Веревкина С.И., Стулова Т.Т. // М.: Недра, 1966. — 303 с.
4. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузев / Под общ. ред. В.М. Москвина. — М.: Стройиздат, 1980. — 536 с.
5. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии.
6. Техническое состояние железобетонных резервуаров для нефти/ Г.В. Мурашкин, В.В. Власов, К.И. Гимедетдинов, Д.А. Семашкин// Трубопроводный транспорт нефти. — №9. — 2000.
7. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции.
8. Долговечность бетона и железобетона. Приложения методов математического моделирования с учетом ингибирующих свойств цементной матрицы/ Комохов П.Г., Латыпов В.М., Латыпова Т.В., Вагапов Р.Ф. — Уфа: Изд-во "Белая река", 1998. — 216 с.

Ф.Ю.ИБАДУЛЛАЕВ, канд. техн. наук (Азербайджанский инженерно-строительный ун-т)

## Бетоны с использованием отходов текстильных предприятий

При очистке сточных вод текстильных предприятий образуются различные по составу и свойствам отходы: флотоконденсат от флотационных установок, входящих в схему деструктивной очистки сточных вод, и осадок после сооружений адсорбционной очистки. Широкое внедрение образующихся отходов в промышленности строительных материалов и стройиндустрии сдерживается отсутствием научно обоснованной классификации таких отходов.

Рассматривая сами сточные воды и осадки, образующиеся при их очистке, как техногенные отходы текстильных предприятий, которые могли бы улучшить физико-технические свойства строительных материалов как за счет собственной природы, так и органических веществ, содержащихся в их составе, предложено эти отходы делить на жидкие и пастообразные.

Классификация первых, к которым отнесены сточные воды (флотоконденсат), и осадки, не подвергшиеся обработке и обезвоживанию, исходя из основного эффекта действия на цементно-бетонные материалы, позволяет установить сферу их действия на свойства бетона и использовать их в качестве воды затворения в бетонных смесях. Пастообразные отходы, включающие осадки после обезвоживания на широко распространенных аппаратах (вакуум-фильтрах и фильтр-прессах), классифицированы по преобладающему составу и по области использования в производстве тех или иных видов строительных материалов.

В качестве объектов исследований для проведения экспериментов выбраны обезвоженные алюминатный и железосодержащий осадки, образующиеся при адсорбционной очистке сточных вод текстильных предприятий. В соответствии с разработанной классификацией техногенных отходов выбранные осадки использованы в качестве добавок при производстве бетона.

Материалы для проведения экспериментальных исследований подвергались комплексному исследованию. Химический состав исходных материалов приведен в таблице.

Основные физико-химические показатели состава осадков сточных вод текстильных предприятий следу-

ющие, г/л: органические красители 0,35...0,7; ПАВ 2,1...1,4; отделочные препараты 0,4...0,95; органические и неорганические реагенты 1,25...1,5 и 9,8...13,6. При отработке технологии использования осадков в производстве бетона при оптимальных дозировках (алюминатный осадок 4,5...5% от массы цемента и железосодержащий осадок 3...3,5%) выполнен полный факторный эксперимент, по результатам которой получены зависимости для определения осадки конуса в см (1,4), прочности при сжатии в МПа после пропаривания (2,5) и на 28 сут (3,6) как для алюминатных (1...3), так и для железосодержащих (4...6) осадков:

$$OK = 14,9Q_{\text{ц}} - 0,02Q_{\text{ц}}^2 - 59B/Ц + 36,7 B/Ц^2 + 0,25Q_{\text{ц}} B/Ц - 2270,3 \quad (1)$$

$$R_{\text{нп}} = 6905,6 - 45,6Q_{\text{ц}} + 0,08Q_{\text{ц}}^2 - 138,5 B/Ц + 128,3 B/Ц^2 \quad (2)$$

$$R_{28} = 10358,2 - 68,3Q_{\text{ц}} + 0,1Q_{\text{ц}}^2 - 164,6 B/Ц + 190,7 B/Ц^2 \quad (3)$$

$$QK = 3065,6 - 18,46Q_{\text{ц}} + 0,026Q_{\text{ц}}^2 - 34,3B/Ц + 35B/Ц^2 + 0,7Q_{\text{ц}} B/Ц \quad (4)$$

$$R_{\text{нп}} = 11523,5 - 63,8Q_{\text{ц}} - 257,4B/Ц + 0,2Q_{\text{ц}}B/Ц + 0,1Q_{\text{ц}}^2 + 147,3B/Ц^2 \quad (5)$$

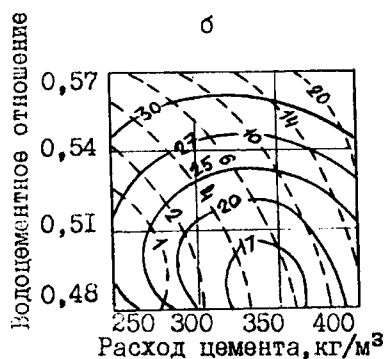
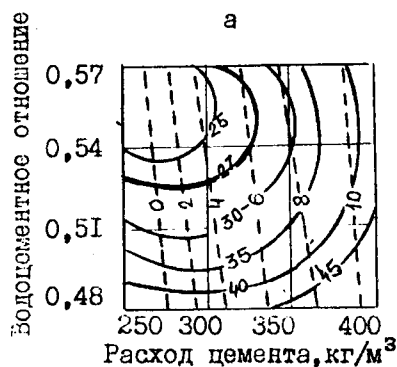
$$R_{28} = 16543,5 - 94,3Q_{\text{ц}} - 89,02B/Ц - 0,25Q_{\text{ц}}B/Ц + 0,1Q_{\text{ц}}^2 + 221,3B/Ц^2 \quad (6)$$

Здесь  $Q_{\text{ц}}$  — расход цемента, кг/м<sup>3</sup>; B/Ц — водоцементное отношение.

На основе этих уравнений построены рабочие номограммы (см. рисунок), по которым возможен выбор

Содержание компонентов, масс.%

Наименование материалов	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	п.п.п.
Портландцемент Новороссийского завода	21,76	5,37	5,71	64,21	2,31	0,34	0,45	0,16
Портландцемент Карадакского завода	22,05	4,97	4,33	65,36	0,87	0,33	0,33	0,2
Алюминатный осадок сточных вод	4,56	13,6	14,77	17,4	1,35	8,64	5,47	34,36
Железосодержащий осадок сточных вод	5,72	18,7	5,47	16,83	2,62	6,42	3,97	40,4



Изолинии прочности бетонов при сжатии после пропаривания (—) и подвижности бетонных смесей (- - -) с добавками алюминиевых (а) и железосодержащих (б) осадков в зависимости от параметров состава

множества вариантов составов бетонов в зависимости от реальных условий производства. Таким образом, спроектированы составы, которые согласно заданным критериям рациональным образом отвечают необходимым распалубочным и марочным прочностям, подвижности бетонной смеси, а также условию умеренного расходования цемента [1...3].

Определялись также потеря подвижности во времени, седиментационная устойчивость, водоотделение, которые выявили повышенную жизнеспособность бетонных смесей с добавлением осадков. Склонность к расслоению по показателям раствооротделения в составах, содержащих отходы, снижается от 40 до 60%. Однородность смесей обеспечена, по-видимому, не столько пониженной водопотребностью смесей, сколько свойствами самих отходов, способствующих связанности смеси и препятствующих ее расслоению. При испытаниях верхних и нижних частей образцов экспериментальных бетонов отличие результатов не превысило 4...6%. Снижается и удельное водоотделение бетонных смесей до полного его отсутствия при использовании осадков.

Обоснование возможности применения новых видов сырья для практического производства требует определенного представления не только о средствах и режимах технологии, но и о нормативном, эксплуатационном качестве и долговечности готовой продукции. Для этого были определены физико-механические показатели бетонов, изготовленных из изопластичных

смесей равной марочности. Установлено, что при длительном хранении бетоны, приготовленные с использованием осадков, превосходят контрольные по всем прочностным показателям, особенно по прочности при изгибе.

На аналогичных составах параллельно были проведены испытания морозостойкости, водонепроницаемости и коррозионной стойкости бетонов. Водонепроницаемость бетонов, модифицированных предложенными отходами, относительно контрольных повышается в 1,5...2 раза. Кроме того, у таких бетонов заметно снижено водопоглощение (15...22%).

Все экспериментальные бетоны с добавками выдержали более 300 циклов попеременного замораживания и оттаивания, т.е. превысили показатели контрольных. Более того, у бетонов М300 коэффициент морозостойкости после 300 циклов имеет показания больше единицы, что свидетельствует об определенном наборе прочности данных бетонов и в этих условиях.

Анализ результатов длительного непрерывного воздействия агрессивных сред (морская вода концентрацией 34 г/л, 5%-ный раствор сульфата натрия, 5%-ный раствор сульфата магния) показал, что образцы, содержащие отходы, имеют повышенную коррозионную стойкость. Это объясняется тем, что благодаря снижению содержания  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{Ca(OH)}_2$  в цементном камне уменьшается объем фаз, не стойких к агрессивным воздействиям. К тому же в образцах с добавками за счет повышенной плотности материала задерживается миграция продуктов агрессивных сред внутрь образца.

Использованные отходы способствуют некоторому сокращению ползучести бетонов, хотя экспериментально отмечено более позднее наступление стабилизации деформаций ползучести. Тем не менее абсолютные величины их к 180 сут меньше, чем у контрольных. Относительно контрольных снижены усадки у бетонов: с добавкой алюминиевых осадков — 21,9% и железосодержащей — 16,9%. В полученных результатах четко прослеживается прямая зависимость наблюдаемых изменений деформаций с колебанием водосодержания бетонных смесей.

Таким образом, использование осадков сточных вод текстильного производства в технологии бетона позволяет не только утилизировать техногенные отходы, сохраняя при этом окружающую среду от загрязнения, но и способствует получению бетонных изделий с повышенными физико-техническими показателями. Результаты данных исследований подтверждены промышленными испытаниями и внедрены на Бакинском заводе ЖБИ-8.

### Библиографический список

1. Ибадуллаев Ф.Ю., Гаджилы Р.А. Бетонная смесь а.с. 1726430 (СССР), опубл. В БИ № 14, 1992.
2. Гаджилы Р.А., Ибадуллаев Ф.Ю., Гасанов Ш.Н. Технологические пути снижения расхода вяжущих и материалоемких изделий//Экономика и жизнь. — № 4-8, Баку. — 1995. — с. 58-61.
3. Гаджилы Р.А., Гасинов Ш.Н., Ибадуллаев Ф.Ю. Регулирование свойств бетонов с помощью малых добавок ПАВ — Обзорная информация, серия Строительство и стройиндустрия, Баку: АЗНИИТИ. — 1995. — 26 с.

## РЕШЕНИЯ

## 1-й Всероссийской конференции по бетону и железобетону

9-14 сентября с.г. в Москве состоялась **1-я Всероссийская конференция по бетону и железобетону**, посвященная 100-летию со дня рождения выдающегося ученого в этой области профессора **Виктора Васильевича Михайлова**.

В бывшем СССР подобные конференции под эгидой НТО проводились регулярно на протяжении более 60 лет. Последняя из них состоялась в 1988 г. в Казани.

В России число специалистов, занятых вопросами исследования, проектирования, преподавания, производства, возведения бетона и железобетона, достигает многих сотен тысяч. Отрасль насчитывает более полутора тысяч предприятий, сотни проектных институтов и испытательных лабораторий, десятки кафедр, два специализированных НИИ.

Инициаторами проведения 1-й Всероссийской конференции выступили Российское научно-техническое общество строителей, Госстрой России и Ассоциация "Железобетон".

Идею проведения поддержали: Министерство промышленности, науки и технологий РФ, Комплекс архитектуры, строительства, реконструкции и развития Москвы, Российская академия архитектуры и строительных наук — РААСН, Министерство строительства Московской области, Российская инженерная академия — РИА, Российское общество инженеров строителей — РОИС, Международная федерация по железобетону — fib, Научно-исследовательский институт бетона и железобетона — НИИЖБ, Московский государственный строительный университет—МГСУ, ВНИИЖелезобетон, Международная академия инвестиций и экономики строительства, ГП "Мосстройсертификация" и другие организации.

Техническую организацию конференции приняла на себя автономная некоммерческая организация "НИИЖБ-форум".

В 1-й Всероссийской конференции приняли участие работники и специалисты Госстроя России, Минпромнауки России, руководители, ученые и специалисты научно-исследовательских и учебных институтов, проектных организаций, архитекторы, руководители и инженерно-технические работники предприятий строительной индустрии и строительного-монтажных организаций. К участию в конференции проявили большой интерес специалисты из СНГ, Европейского союза и других стран дальнего и ближнего зарубежья.

Всего в конференции приняли участие 625 человек из 95 городов России и 34 стран, представлявших более 250 организаций, предприятий и фирм.

На конференции были обсуждены состояние и перспективы применения бетона и железобетона в российском и мировом строительстве.

Для более полного сопоставления российского и мирового опыта, кроме ведущих российских специалистов, в качестве пленарных докладчиков на конференцию были приглашены специалисты из крупнейших международных отраслевых организаций: Международной ассоциации по железобетону — fib, Международной федерации по сборному железобетону — FIBM, Международного союза по испытаниям материалов — RILEM, Европейской ассоциации по товарному бетону — ERMCO, Европейского комитета по стандартизации — CEN и других.

Всего на конференции было заслушано 24 пленарных и свыше 140 секционных докладов.

На конференции работало 7 секций, состоялось 14 секционных заседаний по отдельным направлениям развития бетона и железобетона:

- железобетонные конструкции зданий и сооружений, методы расчета
- вопросы технологии бетона
- вяжущие и добавки для бетона
- долговечность бетона и железобетонных конструкций
- легкие и ячеистые бетоны
- проблемы экологии
- транспортное строительство

На конференции специалистам была предоставлена широкая возможность установления деловых контактов, в том числе в ходе проведения специализированной выставки "Бетон на пороге III тысячелетия".

По единодушному мнению участников, конференция прошла на высоком организационном и научном уровне.

Материалы конференции составили три тома общим объемом свыше 1800 страниц. Кроме того, специально к конференции ведущий институт отрасли НИИЖБ подготовил монографию по бетону и железобетону "Бетон и железобетон в XXI веке" объемом 680 стр.

В материалах конференции отмечается, что перевод экономики России на рыночные рельсы, протекающий крайне болезненно для государства в целом, негативно сказался и на отрасли производства и применения бетона и железобетона.

За период 1990-1996 г. темпы ввода основных производственных фондов на заводах ЖБИ и КПД снизились в 5 раз. Производство сборного железобетона упало с 80 млн.м<sup>3</sup> в 1990 г. до 14,7 млн.м<sup>3</sup> в 1999 г. В 2000 г. произошел некоторый позитивный сдвиг.

Сократились многие направления научных исследований в области бетона и железобетона, налицо заметное отставание в сфере "прорывных" технологий. В несколько раз уменьшился тираж журнала "Бетон и железобетон". Прекратил свою деятельность Научно-координационный совет по бетону и железобетону, объе-

динявший некогда в своих секциях около 500 крупнейших специалистов. Наметился серьезный застой в разработке и обновлении нормативной базы, и прежде всего по проектированию бетонных и железобетонных конструкций.

Основные учебники по бетону и железобетону обновляются крайне медленно. Ряд новых направлений в области технологии бетона и железобетона не подкрепляется притоком молодых высококвалифицированных кадров. Международные контакты специалистов в области бетона и железобетона носят эпизодический характер, что во многом связано с финансовыми проблемами и сокращением деятельности информационных центров и научно-технических библиотек.

В то же время по уровню технических и экономических показателей бетон и железобетон по-прежнему остается основным конструкционным материалом, занимая приоритетные места в общей структуре мирового выпуска строительной продукции. Ежегодное производство железобетона в мире превышает 2 млрд. м<sup>3</sup>, никакой другой продукт производственной деятельности не изготавливается в таких объемах. Бетон и железобетон безусловно сохраняют свою лидирующую роль в строительстве и в XXI веке.

Можно полагать, что в перспективе железобетон заводского изготовления по-прежнему будет широко применяться при строительстве производственных, жилых и общественных зданий в городах, при изготовлении специальной продукции и деталей (труб, шпал, свай, опор ЛЭП и т.п.), а также элементов инженерного обеспечения.

Вместе с тем в настоящее время в России, и особенно в Москве, получает развитие строительство жилых и общественных многоэтажных зданий из монолитного железобетона. Однако при их проектировании и возведении возникают большие проблемы, связанные с отсутствием достаточной нормативной базы по расчету, конструированию и технологии бетонных работ.

Областями применения монолитного железобетона традиционно остаются автомобильные дороги, гидротехнические сооружения, подземное строительство, сооружения на шельфе, многоэтажные акцентные административные и жилые здания, определяющие облик городских образований.

Бетон и железобетон как строительный материал в наибольшей степени отвечают критериям устойчивого развития, главными из которых являются:

- повышенная прочность, долговечность, огнестойкость и огнестойкость
- сочетаемость с другими видами материалов
- высокие эстетические и архитектурные качества
- экологическая безопасность на стадиях производства и эксплуатации
- минимальное изъятие природных ресурсов и максимальное использование попутных продуктов (отходов) других отраслей
- перерабатываемость использованного материала для строительных или иных нужд

Конференция отмечает, что рациональное использование бетона и железобетона должно быть основой научно-технической политики промышленного и гражданского строительства.

1-я Всероссийская конференция по бетону и железобетону приняла следующие решения:

1. Рекомендовать Госстрою России:

- провести в первом квартале 2002 г. совместное заседание Научно-технического совета Госстроя РФ, научно-технических секций "Бетон и железобетон", "Экология и строительство", "Долговечность строительных конструкций", РНТО строителей и Ассоциации "Железобетон" по проблемам обновления нормативной базы в области бетона и железобетона, в том числе с учетом перспектив ее гармонизации с основными евростандартами. При этом за основу должно быть принято положение, что развитие системы нормативных и рекомендательных документов должно идти по пути комплексного анализа, включающего методы расчета конструкций на доэксплуатационные и эксплуатационные воздействия, экологических аспектов применяемых материалов и технологии их изготовления с целью предупреждения и исключения образования дефектов в конструкции в течение всего срока службы зданий и сооружений.

В качестве первоочередной задачи следует ускорить разработку и утверждение новых нормативных документов (СНиП и сводов правил) по проектированию бетонных и железобетонных конструкций и защите их от коррозии.

- рассмотреть на НТС Госстроя РФ совместно с РНТО строителей и Ассоциацией "Железобетон" вопрос об обоснованности требований второго этапа энергосбережения по СНиП II-3-79\* "Строительная теплотехника" к требуемому сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций с учетом данных комплексного анализа энергетического баланса зданий, соответствующего стоимостного анализа энергоресурсов, прогнозов надежности и долговечности применяемых конструктивных решений сборных трехслойных панелей наружных стен

- рассмотреть на коллегии и утвердить план мероприятий по выполнению решений конференции.

2. Просить Минобразования:

- включить в план издания учебной литературы на ближайшую перспективу обновленные редакции учебников и учебных пособий по основным специальностям, связанным с бетоном и железобетоном

- провести работу по оснащению учебных заведений современным испытательным оборудованием

- расширить выпуск инженерных кадров по специальности "Машины, аппараты и приборы для предприятий промышленности строительных материалов"

- расширить на строительных и строительско-технологических факультетах вузов, в строительных техникумах и ПТУ программы обучения технологии бетона и железобетона и строительной экологии для подготовки специалистов высшего, среднего и нижнего звеньев.

3. Просить ЦСУ для выработки адекватной научно-технической политики вести статистику производства бетона и железобетона не только по сборному, но также и по монолитному железобетону и товарному бетону, мелким блокам и т.д.

4. Рекомендовать учредителям и редколлегии журнала "Бетон и железобетон" существенно улучшить его тематику, превратив его в высокоинформативное науч-

но-производственное издание, рассчитанное на широкий круг специалистов, прежде всего связанных с исследованием, проектированием, производством и применением бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

5. Рекомендовать Ассоциации "Железобетон", НИИЖБ, ВНИИЖелезобетону, ЦНИИОМТП, ЦНИЭПжилица, МГСУ и другим заинтересованным организациям возобновить в рамках Ассоциации деятельность Научно-координационного совета по бетону и железобетону, имея в виду объединение усилий ученых и специалистов производства для повышения эффективности и конкурентоспособности бетона и железобетона по отношению к другим материалам.

В качестве первоочередных мер:

- подготовить до конца текущего года план мероприятий по выполнению решений 1-й Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона и представить его в Госстрой России для утверждения

- разработать в 2002 г. и представить в Госстрой и Минпромнауки России научно-техническую программу "Российский железобетон — мировой уровень" с обозначением строительно-технических характеристик бетона и железобетона, которые должны быть достигнуты в период 2010–2015 гг. Одной из важных задач программы должно стать широкое развитие взаимодействия между научными и производственными организациями в данной области

- разработать нормативные документы по проектированию и строительству многоэтажных зданий из монолитного железобетона

- составить терминологический словарь по бетону и железобетону

- пригласить fib провести в Москве один из симпозиумов по проблемам бетона и железобетона

6. Рекомендовать ученым и специалистам, работающим в области бетона и железобетона, шире пропагандировать в профессиональной и общественно-публицистической печати экономические, экологические и строительно-технические преимущества этого материала.

7. Основными направлениями научно-практической деятельности в области бетона и железобетона на период до 2010 г. должны стать:

*В области бетонов и бетоноведения:*

- разработка, исследование и совершенствование бетонов в части повышения строительно-технических свойств, обеспечивающих гарантированные сроки эксплуатации зданий и сооружений не менее 50 лет, в том числе особо прочных, особо легких, ячеистых, самонапряженных, огне- и жаростойких, особо плотных, морозостойких, коррозионностойких, кислотостойких, полимерных, фибровых, мелкозернистых и др.;

- разработка и организация производства новых видов цемента, прежде всего быстротвердеющих и высокопрочных, позволяющих в перспективе отказаться от тепловой обработки бетона, безусадочных и бесхроматных цемента, цемента низкой водопотребности;

- разработка и организация производства низко-теплопроводных малоклинкерных и бесклинкерных композиционных вяжущих для теплоизоляционных особо легких и ячеистых бетонов;

- организация производства и поставка мытых,

фракционированных заполнителей широкой номенклатуры;

- организация массового производства низкоэнергетических, главным образом безобжиговых, и классифицированных по назначению пористых заполнителей;

- производство широкой гаммы химических добавок, в том числе ускорителей твердения, противоморозных добавок, суперпластификаторов для самоуплотняющихся бетонных смесей, комплексных модификаторов полифункционального действия, позволяющих отказаться от тепловой обработки бетона, повышающих его стойкость и долговечность;

- производство материалов, в том числе сухих смесей, для выполнения ремонтных работ и реконструкции зданий и сооружений;

- разработка кадастра вторичных ресурсов и широкое использование отходов и вторичных продуктов промышленности, энергетики и сельского хозяйства, в первую очередь зол, шлаков, а также материалов от утилизации бетонных и железобетонных конструкций;

- совершенствование и стандартизация новых методов испытаний материалов, в том числе на основе современных достижений физико-химического анализа.

*В области арматуры и арматурных работ:*

- разработка новых видов стержневой и проволочной арматуры для обычных и преднапряженных конструкций, соответствующих требованиям европейских стандартов;

- разработка новых видов фибровой арматуры, в том числе из высокопрочных пластмасс и углеродного волокна;

- развитие способов защиты арматуры в конструкциях, подвергающихся воздействию агрессивных сред (дорожные, мостовые и другие сооружения);

- разработка арматуры с повышенной стойкостью против коррозионного растрескивания;

- разработка промышленных роботов для арматурных работ, в том числе для сварки арматуры;

- разработка новых способов защиты закладных деталей и связей.

*В области бетонных и железобетонных конструкций:*

- проведение теоретических и экспериментальных исследований для совершенствования методов расчета железобетонных конструкций нового поколения;

- изменение структуры железобетонных конструкций в пользу повышения удельного веса преднапряженных конструкций, значительного увеличения доли конструкций, изготавливаемых из легких и ячеистых бетонов, высококачественного бетона, фибробетона и т.д.;

- создание тонкостенных пространственных, плоских и профилированных конструкций для жилых, общественных и производственных зданий нового поколения с использованием высокоэффективных вяжущих, бетонов и строительных технологий;

- расширение положительного опыта возведения ограждающих конструкций зданий, в том числе однослойных наружных стен, с использованием в качестве монолитной теплоизоляции особо легких бетонов марок по средней плотности D150 – D 250;

- налаживание выпуска широкой номенклатуры конструкций и блоков для индивидуального жилищного строительства;

— существенное расширение применения железобетона для инженерных сооружений, в том числе при освоении подземного пространства городов;

— индустриализация монолитного и развитие сборно-монолитного домостроения;

— создание системы диагностики и прогнозных методов определения долговечности бетона применительно к различным условиям эксплуатации, в том числе после пожара.

*В области производства железобетонных конструкций:*

— развитие гибких технологических линий на заводах сборного железобетона и автоматизация производства железобетонных конструкций массового применения;

— учет экологических требований к производству сборного железобетона при проведении паспортизации предприятий;

— существенное повышение качества продукции через внедрение систем контроля качества по ГОСТ-Р ИСО 9000.

*В области строительного производства, машин и оборудования:*

— разработка конкурентоспособного отечественного

оборудования для заводского производства сборных железобетонных конструкций;

— расширение номенклатуры и разработка новых видов модульных опалубок;

— создание автоматизированного и механизированного оборудования по приготовлению бетонных и растворных смесей, в том числе сухих смесей широкой номенклатуры, и фибробетонов;

— разработка современных методов подводного бетонирования.

*В области обеспечения долговечности зданий и сооружений из железобетона:*

— разработка нормативной базы, устанавливающей проектные сроки службы зданий и сооружений с учетом экономических критериев, их значимости и ответственности;

— проведение паспортизации состояния зданий и инженерных сооружений, построенных более 30 лет назад, с целью разработки программы сохранения основных фондов России с наименьшими затратами.

8. Провести следующую, 2-ю Всероссийскую конференцию по бетону и железобетону, в 2005 г., определив ее официальным сайтом в международной сети Интернет [www.concrete.ru](http://www.concrete.ru).

## Труды 1-й Всероссийской конференции по бетону и железобетону (9-14 сентября 2001 г., Москва)

Инициаторами проведения конференции были Российское научно-техническое общество строителей, Госстрой России, Ассоциация “Железобетон”.

Идею проведения конференции поддержали: Министерство промышленности, науки и технологий РФ; Комплекс архитектуры, строительства, реконструкции и развития Москвы; Российская академия архитектуры и строительных наук; Министерство строительства Московской области, Российская инженерная академия — РИА; Российское общество инженеров строителей — РОИС; Международная федерация по железобетону — fib, ГП “Мосстройсертификация”; Научно-исследовательский институт бетона и железобетона — НИИЖБ; Московский государственный строительный университет — МГСУ; ВНИИжелезобетон; Международная академия инвестиций и экономики строительства и другие организации.

К участию в конференции проявили большой интерес специалисты из СНГ, Европейского союза и других стран.

В числе основных проблем к рассмотрению на конференции были намечены следующие:

● железобетон для массовых и уникальных зданий и сооружений

● бетон в архитектуре

● долговечность и качество бетонов

● методы монолитного строительства

● новые технологии для заводского производства

● новые виды арматуры, теория и методы расчета железобетонных конструкций

● экология бетона

● реконструкция железобетонных зданий и сооружений

● состояние и развитие нормирования и стандартизации

● унификация с евростандартами и другие вопросы

С применением железобетона в XX веке были возведены самые высокие в мире телебашни в Москве и Торонто, небоскребы, крупнейшие мосты, дороги, электростанции, тоннели, аэропорты. Из железобетона построены сотни миллиардов квадратных метров жилых зданий. Из этого материала строятся соборы, тюрьмы, больницы, театры и многое другое.

В 1-й Всероссийской конференции приняли участие работники и специалисты Госстроя, Миннауки, руководители, ученые и специалисты научно-исследовательских и учебных институтов, проектных организаций, архитекторы, руководители и инженерно-технические работники предприятий строительной индустрии и строительного-монтажных организаций.

Для более полного сопоставления российского и мирового опыта, кроме ведущих российских специалистов, в качестве пленарных докладчиков на конференцию были приглашены специалисты из крупнейших международных отраслевых организаций: Международной ассоциации по железобетону — ФИБ, Международной ассоциации по сборному железобетону — БИБМ, Международного союза по испытаниям материалов — РИЛЕМ, Европейской ассоциации по товарному бетону — ЕРМКО, Европейского комитета по стандартизации — СЕН и других.

Всего на конференции было заслушано 24 пленарных и свыше 140 секционных докладов.

Труды конференции составили три тома общим объемом более 1800 стр.

Стоимость трех томов наличными составляет 1248 руб., а по перечислению — 1770 руб., включая пересылку по почте.

Заказать труды конференции можно по тел./факсу 174-74-63.

**Ю.С. Волков**, канд. техн. наук,  
ученый секретарь конференции

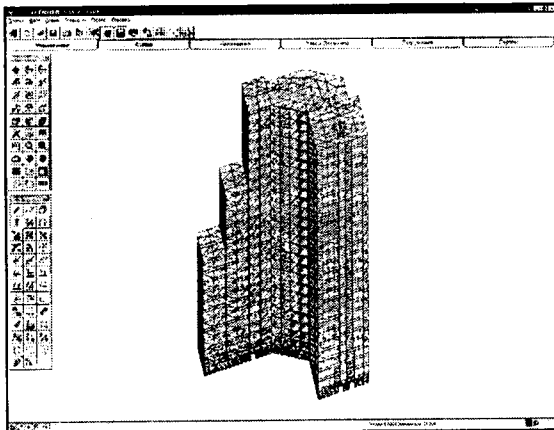




## Пакет программ SCAD Office –

### инструментарий инженера-проектировщика

Вычислительный комплекс SCAD является расчетной системой конечноэлементного анализа конструкций и ориентирован на решение задач проектирования зданий и сооружений достаточно сложной структуры, где основные трудности представляет определение напряженно-деформированного состояния конструкции. Комплекс снабжен модулями анализа прочности и подбора сечений элементов стальных конструкций, а также арматуры в элементах железобетонных конструкций.



Проектно-конструкторские программы служат для разработки конструкторской документации на стадии детальной проработки проектного решения. От настоящих рабочих чертежей это отличается некоторыми не принципиальными деталями.

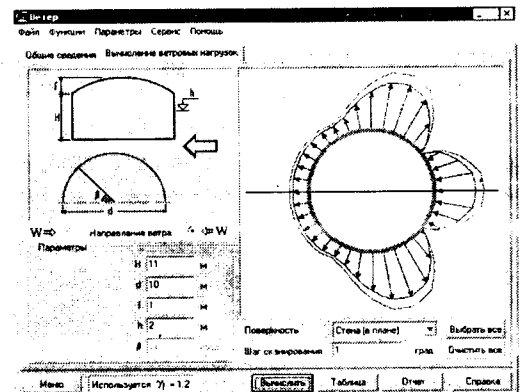
Программа ВЕСТ предназначена для определения нагрузок и воздействий на элементы строительных конструкций.

ВК SCAD, программы КРИСТАЛЛ, АРБАТ и ВЕСТ сертифицированы ГОССТРОЕМ РОССИИ  
ВК SCAD аттестован в НТЦ ЯРБ ГОСАТОМНАДЗОРА.

ООО «СКАД СОФТ», (095) 746-63-78, 289-11-36, 261-35-10  
[www.scadgroup.com](http://www.scadgroup.com); [scad-soft@mtu-net.ru](mailto:scad-soft@mtu-net.ru)

Все программы пакета можно подразделить на три группы: проектно-аналитические – КРИСТАЛЛ и АРБАТ; проектно-конструкторские – КОМЕТА и МОНОЛИТ; вспомогательные расчетные программы – ВЕСТ, КОНСТРУКТОР СЕЧЕНИЙ, КОНСУЛ, СЕЗАМ, ТОНУС, КРОСС.

В основу разработки проектно-аналитических программ пакета положен принцип ориентации на строгое и, по возможности, полное выполнение требований, представленных в нормах по проектированию конструкций.





Научно-производственное и Конструкторско-технологическое бюро по оптимизации в технике

## НПКТБ ОПТИМИЗАЦИЯ АОЗТ

### ПРЕДЛАГАЕТ

проектным, производственным, научно-исследовательским и учебным организациям

### ЭВМ-ПРОГРАММУ *ОМ СНиП ЖЕЛЕЗОБЕТОН*

Программа, сертифицированная Госстроем РФ, предназначена для расчета бетонных и железобетонных конструкций по СНиП 2.03.01-84\* «Бетонные и железобетонные конструкции». По сравнению с другими способами расчета, программа в большей степени обеспечивает безопасность и экономичность проектирования, точность и надежность получаемых результатов.

### Преимущества программы

- Полнота охвата материала (реализованы все положения СНиП)
- Точность (полное соответствие СНиП)
- Удобный интерфейс
- Простота работы и обучения
- Развитой сервис
- Быстрота подготовки исходных данных и выполнения расчетов

Программу широко применяют при проектировании, оценке результатов обследования, исследовательской работе и обучении. Ее используют Гидропроект, Гипродорнии, Гипротранспуть, ГПИ-1, ГПИ-6, МАДИ, Мосгражданпроект, Мосинжпроект, Моспроект-1, НИИЖБ, ПИ-2, Промстройпроект, ТюменНИИгипрогаз, Фундаментпроект и многие другие организации.

Более подробно ознакомиться с программой и бесплатно скопировать ее демонстрационную версию можно в Интернете по адресу [www.dataforce.net/~krakov](http://www.dataforce.net/~krakov). В статьях М.Б.Краковского в журналах «Бетон и железобетон» №№ 5 и 6, 2000, № 2, 2001 описаны возможности программы и выполнено сравнение результатов расчетов по программе и другими методами.

За дополнительной информацией, а также по вопросам приобретения программы или получения ее для ознакомления во временное пользование просьба обращаться в НПКТБ ОПТИМИЗАЦИЯ АОЗТ по адресу: 117292, Москва, ул. Профсоюзная 8-2-150, тел., факс: (095) 124-2425, e-mail: [krakov@dataforce.net](mailto:krakov@dataforce.net)

---

Редакционная коллегия: Ю.М.Баженов, В.Г.Батраков, В.М.Бондаренко, Ю.С.Волков, В.В.Гранев, В.Г.Довжик, А.И.Звездов, Б.И.Кормилицин, К.В.Михайлов, В.А.Рахманов, И.Ф.Руденко, Р.Л.Серых (главный редактор), В.Р.Фаликман, Ю.Г.Хаютин, А.А.Шлыков (зам.главного редактора), Е.Н.Щербаков

Подписано в печать 22.11.2001. Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.  
Усл.печ.л. 4,0. Заказ № 1342

Адрес редакции:  
Москва, Георгиевский пер., д.1, строение 3, 3-й этаж  
Почтовый адрес редакции (экспедиция): ГСП, Москва, ул.Рождественка, д.11, корп.2,  
МАРХИ, издательство "Ладья", для редакции журнала "Бетон и железобетон"  
E-mail: [magbeton@rambler.ru](mailto:magbeton@rambler.ru)  
Т е л. 292-6205

Отпечатано в ОАО Московская типография № 9  
109033, Москва, Волочаевская ул., д. 40

# UltraTest™

ассоциация  
**СТРОЙПРИБОР**

Осуществляет поставку

## ПИРОМЕТРЫ

### MiniTemp

Простое решение

Прибор оснащен лазерным прицелом; имеет фиксированный коэффициент излучения 0,95; оптическое разрешение 6:1; подсветка экрана.

Диапазон -18...+260°C. Погрешность ±2%. Цена 7 900 рублей.



MiniTemp



Raynger ST



Raynger MX

### серия Raynger ST

Профессиональный выбор

Прибор оснащен круговым 16-ти точечным лазерным прицелом; регулируемый коэффициент излучения 0,1-1,0\*; память результатов; подсветка экрана; оптическое разрешение от 12:1 до 50:1\*; возможность подключения термометра.

Диапазон -32...+400/+760°C\*. Погрешность 1%.

### серия Raynger MX

Уникальные возможности

Прибор оснащен лазерным прицелом; регулируемый коэффициент излучения 0,1-1,0; память результатов; оптическое разрешение 60:1; аналитические расчеты; возможность подключения поверхностной термопары, компьютера, принтера.

Диапазон -30...+900°C. Погрешность 1%.

### серия Raynger 3i

Прибор оснащен лазерным и оптическим прицелом\*; регулируемый коэффициент излучения 0,1-1,0; память результатов; оптическое разрешение 180:1\*; возможность подключения поверхностной термопары, компьютера, принтера.

Диапазон -30...+1200/1800°C\*. Погрешность 1%.

\* (зависит от модели)

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ ЛАЗЕРЫ

### Лазерный дальномер DLE 30

Функции вычисления площади, объема, неизвестного катета; возможность крепления на штативе и ношения на ремне; позиционный угольник; подсветка экрана.

Диапазон 0,3...30 м. Погрешность ±3 мм.

DLE 30



BL 20



### Лазерный уровень BL 20

Дальность действия до 35м. Отклонение от горизонтали 6 мм на 10 м.

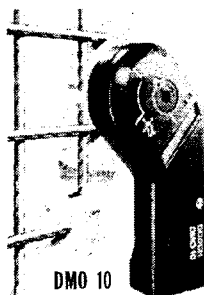
### Лазерный нивелир BL 100 VHR

Автоматическая нивелировка (гироскоп); режимы проекции плоскости и линии; возможность построения вертикальной и горизонтальной плоскостей; высочайшая производительность.

Дальность действия до 100 м. Отклонение от гориз./верт. 1 мм на 10 м.



УК1401



DMO 10

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

### УК1401

Ультразвуковой измеритель прочности бетона.

### DUS 20

Ультразвуковой дальномер. Диапазон 0,6...20 м. Погрешность ±1 см.

### DMB 5

Электронная рулетка. Диапазон 0...5 м. Погрешность 1 мм.

### DMO 10

Обнаружитель электропроводки и металла в бетоне. Цена 2 900 рублей.

### ИПП

Измеритель плотности тепловых потоков.

### DWM 40L

Электронный угломер с цифровой индикацией угла в градусах.

### DNM 60L

Электронный уклономер с цифровой индикацией уклона в % и градусах.



DWM 40L



DNM 60L

454084, Россия, Челябинск, а/я 17544

Телефон/факс (3512) 93-66-13, 93-66-85

Москва: Представительство в НИИЖБ телефон 174-78-01



# Специальное конструкторское бюро СКБ СТРОЙПРИБОР

www.stroypribor.ru

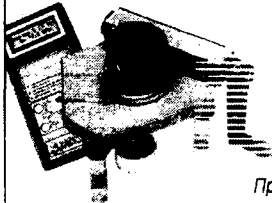
Индекс 70050

## ПОС-МГ4 с электронным силоизмерителем

Измеритель прочности бетона - предназначен для неразрушающего контроля прочности бетона методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.

Приборы фиксируют максимальную нагрузку, индицируют скорость нагружения и текущую нагрузку, обеспечивают автоматическую обработку измерений, хранят результаты в памяти.

Диапазон 5...100 Мпа  
Усилие вырыва до 49,0 кН (5000кгс)  
Предел основ.относ.погреш. не более 2 %  
Масса прибора 5,2 кг



## ПСО-МГ4 с электронным силоизмерителем

Измеритель адгезии - предназначен для контроля прочности сцепления, керамической плитки, штукатурки, защитных и лакокрасочных покрытий с основанием методом отрыва стальных дисков по ГОСТ 28089, 28574 и др.

Диапазон 0,1...20 Мпа  
Усилие отрыва до 4,9 кН (500кгс)  
Предел основ.относ.погреш. не более 0,8 %  
Масса прибора 1,8 кг

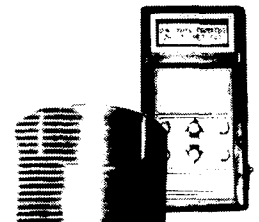
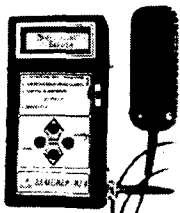


## Семейство приборов Влагомер-МГ4

**МГ-4Д** Измеритель влажности древесины по ГОСТ 16588.  
Диапазон 4...60 %. Семь пород древесины.

**МГ-4Б** Измеритель влажности бетона, кирпича по ГОСТ 21718.  
Диапазон 1...45 %. Более 20 зависимостей.

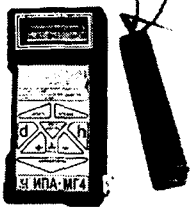
**МГ-4У** Универсальный измеритель влажности строительных материалов по ГОСТ 21718. Диапазон 1...15 %. Более 27 зависимостей.



## ИПА-МГ4

Измеритель защитного слоя бетона, расположения арматуры в железобетонных конструкциях магнитным методом по ГОСТ 22904.

Диапазон измерения защитного слоя 3...100 мм при диаметре стержней 3...40 мм.

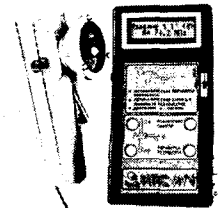


## ИПС-МГ4-Плюс

Измеритель прочности бетона, раствора, кирпича методом ударного импульса по ГОСТ 22690.

Расширенный режим с возможностью учесть вид заполнителя, возраст и условия твердения бетона. Более 25 зависимостей.

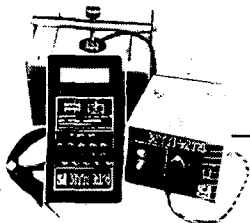
Диапазон 3-100 Мпа.



## ИТП-МГ4

Измеритель теплопроводности строительных материалов методами стационарного теплового потока по ГОСТ 7076 и теплового зонда

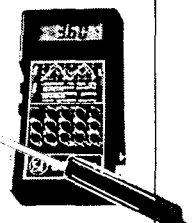
Диапазон 0,03-0,8 Вт/(м·С)



## ЭИН-МГ4

Измеритель напряжений в арматуре ж/б изделий частотным методом по ГОСТ 22362. Обеспечивается автоматический расчет значений корректировки расстояния между временными анкерами и заданного удлинения арматуры.

Диапазон напряжений 150 - 1500 МПа в стержневой, проволочной и канатной арматуре диаметром 3-32 мм, длиной 3-18 м.



## ИПЦ-МГ4

Измеритель активности цемента.

Диапазон 10-60 Мпа.



## Вибротест

Измеритель амплитуды и частоты колебаний виброплощадок.

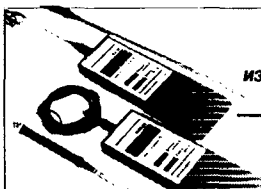
Диапазон частоты 10-100 Гц, амплитуды 0,2-2,5 мм.



## Терм-1

Термометр цифровой зондовый для измерения температуры жидкостей, газов, бетонных и асфальтобетонных смесей.

Температурный диапазон от 50 до +200°С.  
Длина зонда 400 мм, Ø 4...6 мм.



## ИВТМ

Измеритель влажности и температуры неагрессивных газов.

Температурный диапазон от -50 до +80°С.  
Диапазон влажности от 0 до 100%.



Гарантия 18 месяцев

Сервисное и метрологическое обеспечение на весь период эксплуатации

454084, Челябинск, а/я 17544. Телефон/факс: /3512/ 93 66 13, 93 66 85. E-mail: stroypribor@chel.surnet.ru

Москва, представительство в НИИЖБ. Телефон 174-78 01