



ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДІВ БЕТОНУ З АКТИВНИМИ МІНЕРАЛЬНИМИ ДОБАВКАМИ

Л. Й. Дворкін, О. Л. Дворкін

*Національного університету водного господарства і природокористування,
вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33000.*

Отримана 20 квітня 2006; прийнята 5 червня 2006.

Анотація. В статті пропонується методика проектування складів бетонів з активними мінеральними добавками на основі використання "приведеного" цементно-водного відношення і мультиплікативного коефіцієнта у формулі міцності бетону, що дозволяє врахувати вплив на міцність бетону додаткових факторів і збільшити "прогнозуючу здатність" прийнятих розрахункових залежностей. Наводиться алгоритм проектування складів бетону з добавкою золи і приклади його реалізації.

Ключові слова: "приведене" цементно-водне відношення, мультиплікативний коефіцієнт, "цементуюча ефективність", коефіцієнт розсунення, частка піску в суміші заповнювачів.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВОВ БЕТОНОВ С АКТИВНЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ

Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин

*Национальный университет водного хозяйства и природопользования,
ул. Соборная, 11, г. Ровно, Украина, 33000.*

Получена 20 апреля 2006; принята 5 июня 2006.

Аннотация. В статье предлагается методика проектирования составов бетонов с активными минеральными добавками на основе использования "приведенного" цементно-водного отношения и мультипликативного коэффициента в формуле прочности бетона, что позволяет учесть влияние на прочность бетона дополнительных факторов и увеличить "разрешающую способность" принятых расчетных зависимостей. Приводится алгоритм проектирования составов бетона с добавкой зола и примеры его реализации.

Ключевые слова: "приведенное" Ц/В, мультипликативный коэффициент, "цементирующая эффективность", коэффициент раздвижки, доля песка в смеси заполнителей.

DESIGNING OF STRUCTURES CONCRETE WITH ACTIVE MINERAL ADDITIVES

L. I. Dvorkin, O. L. Dvorkin

National University of Water Management and Wildlife Management,
Soborna str, 11, Rivne, Ukraine, 33000

Received April 20, 2006; accepted June 5, 2006.

Abstract. In the article the method of design of concrete mixtures with finely divided mineral admixtures on the basis of using the "resulted cement-water ratio" and multi coefficient in the formula of concrete strength is offered. That allows to take into account the influence of additional factors on concrete strength and multiply "calculation power" of the accepted dependences. The algorithm of design of concrete mixtures with ash admixture and examples of algorithm realization is given.

Key words: "resulted cement-water ratio", multi coefficient, "cementing efficiency", amount of sand in the mixture of fillers.

В технологии бетона все шире применяют активные минеральные компоненты (активные наполнители) для экономии цемента и улучшения ряда строительно-технических свойств [1, 2, 3]. Наряду с давно известной и широко применяемой добавкой как зола-унос последние годы показана эффективность таких минеральных добавок как микрокремнезем, метакраин и др. К настоящему времени разработан ряд методик проектирования оптимальных составов наполненных бетонов, основанных в основном на совместном решении комплекса полиномиальных факторных моделей [2,4].

Приемлемые результаты могут быть получены также при расчетах составов наполненных бетонов с минеральными добавками с помощью метода "приведенного Ц/В" [5].

Под "приведенным" Ц/В понимается отношение массы цемента, включая условное его количество, заменяемое добавками, к массе воды, включая условное ее количество, заменяемое воздухом, вовлекаемым и остающимся в бетонной смеси:

$$\left(\frac{\text{Ц}}{\text{В}}\right)_{\text{пр}} = \frac{\text{Ц} + K_{\text{ц.э}} D}{\text{В} + V_{\text{вх}}}, \quad (1)$$

где

$V_{\text{вх}}$ — объем воздуха, находящийся в бетонной смеси;

D — расход добавки, кг/м³;

$K_{\text{ц.э}}$ — коэффициент "цементирующей эффективности" или "цементный эквивалент" 1 кг добавки [3,6].

Большинство известных расчетных зависимостей, связывающих прочность бетона ($R_{\text{сж}}$) и В/Ц или Ц/В, разработано применительно к нормальным температурно-влажностным условиям твердения бетона в течение 28 сут и не учитывает особенности, длительность твердения бетона и влияние добавок.

В расчетной практике проектирования составов тяжелого бетона наибольшее распространение получила эмпирическая зависимость вида:

$$R_{\text{сж}} = A R_{\text{ц}} \left(\frac{\text{Ц}}{\text{В}} - 0,5 \right), \quad (2)$$

где

A — коэффициент пропорциональности, отражающий влияние совокупности неучтенных технологических факторов.

Представив коэффициент A как интегральный мультипликативный коэффициент pA_i и используя понятие "приведенного Ц/В", можно значительно увеличить "разрешающую способность" формулы (2), сделать ее пригодной для расчета Ц/В бетонов с различными условиями твердения, в разном возрасте, с применением добавок и т.д. [5]:

$$R_{\text{сж}} = pA_i R_{\text{ц}} \left(\frac{\text{Ц} + K_{\text{ц.э}} D}{\text{В} + V_{\text{вх}}} - 0,5 \right). \quad (3)$$

При введении активного минерального наполнителя увеличивается объем вяжущего в бетонной смеси и соответственно должен увеличиваться коэффициент раздвижки (K_p) и уменьшаться доля песка в смеси заполнителей ($г$). Проведены опыты (табл. 2) по определению возможности применения известных рекомендаций [1, 7] по назначению K_p и $г$, разработанных для цементных бетонов без добавки золы-уноса. В качестве критерия оптимальности данных параметров выбрана подвижность бетонных смесей при постоянном объеме цементно-золевого теста. Исходными компонентами бе-

тонных смесей служили портландцемент 3-го сорта, зола-унос Бурштынской ТЭС, песок средней крупности с $M_k = 2,1$ и гранитный щебень 5...20 мм.

Результаты проведенных трех серий опытов показывают, что при равных расходах цементного и цементно-золевого вяжущих и одинаковых В/Ц оптимальные значения K_p и $г$, при которых достигается наилучшая подвижность бетонных смесей, практически одинаковы.

Схема алгоритма проектирования составов золосодержащих бетонов и примеры его реализации приведены на рис. 1 и в табл. 3.

Таблица 2. Влияние золы-уноса на оптимальные значения K_p и $г$

$\frac{В}{Ц + З}$	Расход цемента, кг/м ³	Расход золы-уноса, кг/м ³	$г$	K_p	ОК, см
0,45	500	-	0,32	1,57	9
0,45	350	150	0,30	1,59	7
0,45	350	150	0,32	1,57	11
0,45	350	150	0,34	1,55	8
0,58	400	-	0,35	1,52	12
0,58	250	150	0,33	1,55	10
0,58	250	150	0,35	1,52	13
0,58	250	150	0,37	1,49	11
0,75	300	-	0,38	1,50	13
0,75	150	150	0,35	1,55	11
0,75	150	150	0,38	1,50	14
0,75	150	150	0,41	1,46	10

Таблица 3. Примеры реализации алгоритма проектирования составов золосодержащих бетонов

<p>I. Запроектировать состав бетона прочностью 30 МПа (ОК=1...4 см), подвергнутого тепловлажностной обработке ($\tau=14$ ч).</p> <p>Исходные материалы: портландцемент с минеральными добавками М400 ($\rho_{ц} = 3,1$ г/см³), кварцевый песок ($B_n = 7\%$, $\rho_n = 2,6$ г/см³), гранитный щебень фракции 5...20 мм ($\rho_n = 1450$ кг/м³, $\rho_{щ} = 2,6$ г/см³). Применяется зола Бурштынской ТЭС ($\rho_z = 2,3$ г/см³).</p> <p>Используем алгоритм, приведенный на рис. 1.</p> <p>Расчетный состав бетона: $Ц = 303$ кг/м³; $В = 190$ кг/м³; $З = 170$ кг/м³; $Щ = 1100$ кг/м³; $П = 552$ кг/м³.</p> <p>Экспериментально уточненный состав бетона: $Ц = 320$ кг/м³; $В = 195$ кг/м³; $З = 165$ кг/м³; $Щ = 1115$ кг/м³; $П = 540$ кг/м³.</p>
<p>II. Рассчитать состав бетона нормального твердения прочностью 20 МПа. Подвижность бетонной смеси составляет ОК=1...4 см.</p> <p>Исходные материалы: портландцемент с минеральными добавками М400 ($\rho_{ц} = 3,1$ г/см³), кварцевый песок ($B_n = 7\%$, $\rho_n = 2,6$ г/см³), гранитный щебень фракции 5...20 мм ($\rho_n = 1450$ кг/м³, $\rho_{щ} = 2,6$ г/см³). Применяется зола Бурштынской ТЭС ($\rho_z = 2,3$ г/см³).</p> <p>Используем алгоритм, приведенный на рис. 1.</p> <p>Расчетный состав бетона: $Ц = 238$ кг/м³; $В = 190$ кг/м³; $З = 150$ кг/м³; $Щ = 1157$ кг/м³; $П = 580$ кг/м³.</p> <p>Экспериментально уточненный состав бетона: $Ц = 227$ кг/м³; $В = 185$ кг/м³; $З = 156$ кг/м³; $Щ = 1165$ кг/м³; $П = 590$ кг/м³.</p>

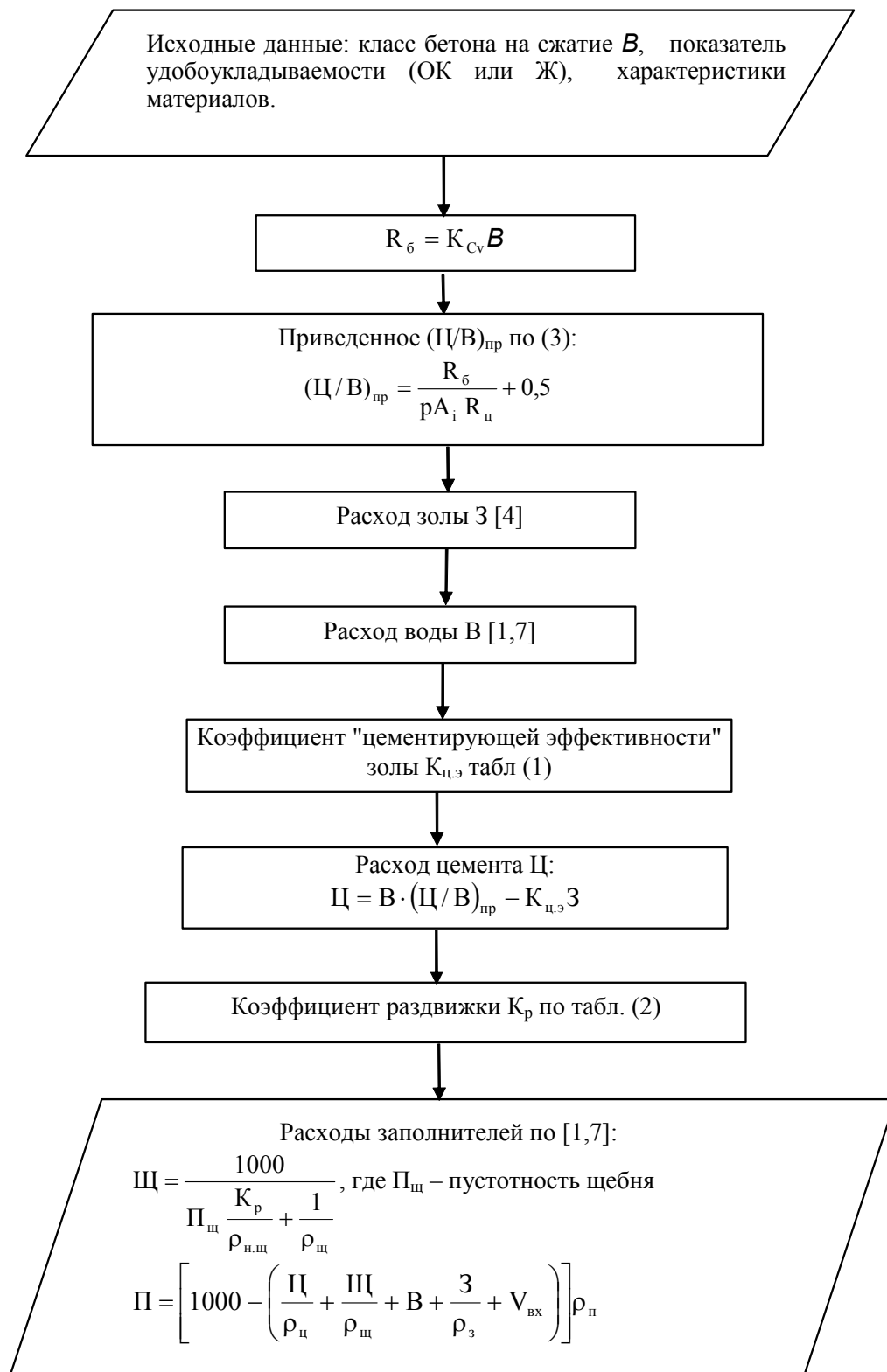


Рис. 1. Алгоритм проектирования составов золосодержащих бетонов: K_{Cv} — коэффициент, определяемый коэффициентами вариации прочности (ГОСТ 18105-86. "Бетоны. Правила контроля прочности")

Решение задач проектирования составов бетона с активными минеральными добавками целесообразно выполнять с помощью набора компьютерных программ или компьютерных систем, позволяющих рассчитывать базовые составы, корректировать их с учетом производственной информации, проводить статистический контроль прочности и других нормируемых свойств бетона с построением технологических карт и решать ряд смежных задач, связанных с материально-техническим обеспечением производства, учета расходуемых материалов и др.

Литература

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. - М.: Высшая школа, 1987. - 449 с.
2. Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. - Киев: Будівельник, 1991. - 137 с.
3. Сергеев А.М. Использование в строительстве отходов энергетической промышленности. - К.: Будівельник, 1984. - 120 с.
4. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л., Корнейчук Ю.А. Эффективные цементно-золевые бетоны. - Ровно: Изд-во "Эден", 1999. - 195 с.
5. Дворкин О.Л. Проектирование составов бетона. (Основы теории и методологии). - Ровно: Изд-во УГУВХП, 2003. - 265 с.
6. Смит А.Э. Современный подход к применению золы-уноса в бетоне. // Технология товарной бетонной смеси. - М.: Стройиздат, 1981. - С.18-24.
7. Сизов В.П. Проектирование составов тяжелого бетона. - М.: Стройиздат, 1980. - 144 с.

Дворкін Олег Леонідович — д.т.н., професор, завідувач кафедри "Технологія будівельних виробів і матеріалознавства" Національного університету водного господарства і природокористування м. Рівне.

Дворкін Леонід Йосипович — д.т.н., завідувач кафедри "Технологія будівельних виробів і матеріалознавства" Національного університету водного господарства і природокористування м. Рівне.

Дворкин Олег Леонидович — д.т.н., профессор кафедры "Технология строительных изделий и материаловедения" Национального университета водного хозяйства и природоиспользования г. Ровно.

Дворкин Леонид Иосифович — д.т.н., заведующий кафедрой "Технология строительных изделий и материаловедения" Национального университета водного хозяйства и природоиспользования г. Ровно.

Dvorkin Oleg Leonidovych — Dr. Sc., Professor, the Head of Department of building products technology and materials of Rivne National University of Water Economy and Natural Use.

Dvorkin Leonid Iosipovych — Dr. Sc., Professor of Department of building products technology and materials of Rivne National University of Water Economy and Natural Use.