

А. Н. ПШИНЬКО (ДИИТ),  
Л. С. САВИН, Ю. Л. САВИН, С. И. ФЕДОРКИН, А. П. ПРИХОДЬКО (ПДАБА)

## ЭКОДОБАВКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СТАЛЕБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Наведено класифікацію хімічного руйнування бетону та дані деякі зразкові розрахунки трикомпонентного складу (цемент, пісок і великий заповнювач), а також намічені оптимальні кількості екобезпечних домішок.

Приведена классификация химического разрушения бетона и даны некоторые примерные расчеты трехкомпонентного состава (цемент, песок и крупный заполнитель), а также намечены оптимальные количества экобезопасных добавок.

The work provides classification chemical destruction on the concrete, are features some approximate calculations of three-component composition (cement, sand and large-size filler), as well as outlines optimum amounts of environmentally safe additives.

Известно, что разрушительное химическое воздействие на бетон оказывают различные по химическому составу [1–5] вещества. В данной статье приводится специфическая классификация, вскрывается механизм их действия, намечен путь их оптимизации в бетоноведении.

**Кислоты и соли.** К экологически опасным кислотам и солям относятся сернистые и хлорсодержащие соединения, аммиачная вода и др. Известное значение имеет температура жидкостей и растворенных в ней газов, т. е. с увеличением температуры (коэффициент Вант-Гоффа) обычно повышается их вредное действие. В итоге воздействия кислот в бетоне образуются растворимые соли, т. е. составляющие их частицы находятся в виде катионов и анионов, которые в последствии вызывают «разбухание» бетона. Так, например, под влиянием анионов серной кислоты и ее соединений образуется сернокальциевый алюминат с очень большим содержанием кристаллизационной воды, давление которой в порах бетона вызывает разрывающие усилия. Кстати, этот процесс называют [2] не совсем удачно «цементной бациллой», лучше конкретизировать «алюминиевой бациллой», которая устраняется, по нашему мнению, применением железосодержащего цемента или нормального цемента с небольшим содержанием извести. Механизм этого явления сводится к замене ионов алюминия на железосодержащие компоненты, например, в четырехкальциевом аммоферрите.

Из хлорсодержащих солей весьма экологически опасными являются хлористое железо и хлористый магний. Экологически опасное влияние последнего сводится к тому, что при неправильной дозировке имеет место выщелачивание хлористого магния из цемента Сореля.

Разрушение бетона наблюдается также от воздействия растворов аммиачных солей, которые выщелачивают свободную известь из цементного камня. Экологически опасны для бетона калиевые соли. Растворы углекислых щелочей не оказывают экологически опасного влияния на бетон.

**Влияние морской воды.** Оно сводится к тому, что при воздействии ее на бетон наблюдаются механическое и химическое воздействия. Первое относится к вымыванию морской водой из гладкого, твердого мелкозернистого и плотного бетона свободной извести, содержащейся в цементном клинкере; второе – образование хлористого или сернокислого магния, который обуславливает разбухание бетона. Поэтому для природоохранных берегозащитных сталебетонов наиболее пригодны цементы с высоким содержанием кремнекислоты и пониженным содержанием глинозема, обладающего амфотерными свойствами. Шлакоцементы из-за содержания повышенных количеств извести также не пригодны для природоохранных морских сооружений и конструкций. Экологически безопасно использование безглиноземистого цемента, а также кальцийсодержащего с добавкой трасса до 50 %, т. е. целесообразен «трассовый» цемент.

**Влияние «болотной» воды.** В этих условиях работы бетонных инженерных сооружений экологически опасны сернистые соединения, вызывающие растворение свободной извести или ее последующее превращение в гипс, что приводит к разбуханию материалов из бетона. Экологически опасна углекислота, которая содержится в воде и тем самым способствует об-

разованию растворимых солей. Последствия их действия в бетоне могут быть критическими. Так же воздействуют гумусовые кислоты, содержащиеся в текучих «болотных» водах.

При определенном содержании в «болотной» воде углекислоты целесообразно использовать бетон с небольшим водосодержанием, при этом содержание извести должно быть незначительно (до 2,5 %); при наличии же в воде сульфат-ионов использовать для строительства и восстановления инженерных сооружений целесообразно и обоснованно бетон, приготовленный из цемента с незначительным содержанием свободной извести и глинозема ( $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 < 0,3 \%$ ). В последнем случае также целесообразна кремнийсодержащая добавка в виде трасса, где свободную известь связывает активная в химическом отношении кремнекислота. При экозащите бетонных сооружений и конструкций целесообразно покрытие экобитумированными эмульсиями [6]. Допустима облицовка кислотоупорными плитками, тонкоизмельченным клинкером, асфальтом, смолой и т. п. В фундаментостроении применяется экологически безопасная облицовка внутренней стороны фундаментов кислотоупорным толем, просмаленной парусиной, а в некоторых случаях используют покрытие из монтмориллонитовых и монотермитных глин.

**Влияние масел.** Известно, что жирные масла органического и растительного происхождения дают кислоты жирного ряда. Они разрушают свободную известь в цементном камне. При этом формируются известковые мыла, очень вредно влияющие на пористые и тощие бетоны. Эти же мыла приносят меньший вред плотным и жирным бетонам, приготовленным из цемента с небольшим содержанием извести. В этих случаях полезно добавление трасса как экологически полезной добавки, например, при строительстве и ремонте масло-нефтехранилищ. Эту добавку к бетону целесообразно использовать при сооружении фундаментов под механическое оборудование и различные технологические агрегаты.

При строительстве маслохранилищ необходимо покрывать внутренние стенки хранилища слоем плотной штукатурки и поверх нее наносить флуаты. Неразлагающиеся минеральные масла не оказывают отрицательного влияния на «сталебетон». Кстати, этот термин более верно, научно обоснованно отражает сущность сочетания углеродистой стали как системы, состоящей из цемента, крупного и мелкого заполнителей, среды затворения.

**Влияние продуцентов брожения.** Известно [2; 6], что образующиеся при процессах брожения органические кислоты и углекислота отрицательно воздействуют на бетон и сооружения из него, главным образом, при движении массы в той или иной емкости. Для предотвращения разрушения бетона внутренние емкости, например, хранилищ и бродильного оборудования покрывают изоляцией в виде алюминиевых листов. Кроме того, используют водонепроницаемую штукатурку (два слоя алебаstra, покрытие смолой). Нечто подобное происходит при силосовании кормов, при этом образуется молочная кислота, точнее наблюдается формирование сложного химического комплекса на основе молочнокислых солей кальция. В этом случае для защиты бетона и изделий из него целесообразно использовать экобезопасную добавку в виде трасса.

**Влияние угля и кокса.** Если эти компоненты располагаются в сталебетонных сооружениях, то они безопасны до тех пор, пока под влиянием кислорода воздуха не начнется окисление углерода, иными словами наблюдается его медленное сгорание. В связи с этим необходимо придавать уклон ( $> 25^\circ$ ) площадкам, на которых тушится раскаленный кокс, и ускорять этим быстрый сток воды, содержащий серную кислоту. При устройстве шарниров и деформационных швов целесообразно считаться с повреждением цветных металлов (Pb, Zn, Ca), выщелачиваемыми из бетона растворимыми солями – «цементной водой». При этом не допускать их применения в непосредственном контакте с бетоном. Замечено, что наиболее ускоренно разрушается свинец. Медь оказывается наиболее устойчивой. Объяснение этих явлений кроется в образовании электродных гальванопар, при этом пара железо-медь более предпочтительна по сравнению с цинкожелезо-содержащей парой.

**Бетон в сталебетонных конструкциях.** При производстве строительных работ с использованием сталебетона применяется пластичный и литой бетон. Качество последнего зависит, главным образом, от количества добавленной воды и гранулометрического состава инертных ингредиентов, в первую очередь, от процентного содержания песка (оптимальное содержание – около 40 % по весу). Качество бетона проверяется испытанием бетонных кубиков. Строительные нормы и правила, ГОСТ предусматривают такие методы:

1. Из жесткого трамбованного бетона. Временное сопротивление кубика раздавливанию при обыкновенном портландцементе должно быть через 28 суток созревания  $w_{28} \geq 200 \text{ кг/см}^2$  или 20 МПа; при высокосортном  $w_{28} \geq 275 \text{ кг/см}^2$  или 27,5 МПа.

2. Из бетона точно такого же качества (марка, способ приготовления, степень влажности), что и предназначенный для сооружения. Временное сопротивление кубика раздавливанию через 28 суток должно быть: при обыкновенном портландцементе  $w_{28} \geq 100$  кг/см<sup>2</sup> или 10 МПа и при высокосортном  $w_{28} \geq 130$  кг/см<sup>2</sup> или 13 МПа. Для изготовления пробных кубиков применяются железные формы с длиной стороны 7,15 и 20 см.

Содержание цемента в 1 м<sup>3</sup> бетона ориентировочно должно быть не менее 300 кг. Соотношение цемента с песком не должно превышать 1:3, а между песком и крупным заполнителем 1:1,5 ... 1:2. Учитывая получающиеся при насыпании уменьшение плотности цемента, количество его на 1 м<sup>3</sup> бетона состава 1:3, при удельной массе цемента в 1 300 кг/м<sup>3</sup>, составит 420 кг; для состава 1:4 – 320 кг, и состава 1:5 – 275 кг.

Предложены два способа подсчета потребности материалов для 1 м<sup>3</sup> бетона, исходя из представлений трехкомпонентной системы: цемент–песок–щебень.

Если обозначить  $Z$  количество расходуемого цемента,  $M$  – количество камнеподобных крупных заполнителей;  $\gamma_2$  – объемный вес цемента и  $K$  – коэффициент, зависящий от качества инертных материалов, то при дозировке 1:n (цемента и песка) потребуются:

- цемент, кг

$$\frac{K}{Z+n+m};$$

- песок, м<sup>3</sup>

$$\frac{K}{Z+n+m}n.$$

Коэффициент колеблется между 1,4 и 1,6 в зависимости от того, применяется ли гравелистый (речной) песок, смесь песка с гравием или смесь песка со щебнем. Таким образом, для бетона 1:4:6, где  $n=4$ ,  $Z=1,00$ ;  $M=6,00$ ;  $\gamma_2=1400$ , на 1 м<sup>3</sup> бетона потребуются цемента

$$\frac{1,6}{1+4+6}1400 = 205 \text{ кг,}$$

песка

$$\frac{1,6}{11}4 = 0,58 \text{ м}^3,$$

щебня

$$\frac{1,6}{11}6 = 0,87 \text{ м}^3.$$

Другой способ основывается на предположении: что на 1 м<sup>3</sup> готового бетона из цемента и песка требуется 1,3...1,35 материалов в общем. Другими словами, при дозировке 1:n потребуются:

- цемент, кг

$$\frac{1,35}{1+n};$$

- отмытый речной гравелистый песок, м<sup>3</sup>

$$\frac{1,35}{1+n}.$$

При  $n=4$  потребуются цемента

$$\frac{1,35}{1+4} = 0,27 \text{ м}^3 = 378 \text{ кг,}$$

гравелистого песка

$$\frac{1,35}{1+4}4 = 1,08 \text{ м}^3.$$

При изготовлении бетона из цемента, песка и отсеянного каменного щебня дозировки: 11:n:m потребуются:

- цемент, кг

$$\frac{1,53}{1+n+m};$$

- песок, м<sup>3</sup>

$$\frac{1,53n}{1+n+m};$$

- щебень, м<sup>3</sup>

$$\frac{1,53m}{1+n+m}.$$

Например, при дозировке 1:2:3 потребуются цемента

$$\frac{1,53}{1+2+3} = 0,255 \text{ м}^3 = 357 \text{ кг,}$$

песка

$$\frac{1,53 \cdot 2}{1+5} = 0,255 \cdot 2 = 0,510 \text{ м}^3,$$

щебня

$$\frac{1,53 \cdot 3}{1+5} = 0,255 \cdot 3 = 0,765 \text{ м}^3.$$

Приготовление бетона может быть ручное и машинное; последнее обязательно при крупном строительстве и ремонте искусственных инженерных сооружений и конструкций.

Расчет потребных материалов при проектировании составов бетона может быть многопараметрическим [7].

Таким образом, нами в данной работе приведена классификация химического разрушения бетона, даны некоторые примерные расчеты трехкомпонентного состава (цемент, песок и крупный заполнитель), а также намечены оптимальные количества экобезопасных добавок.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бажанов Ю. М. Технология бетона. – М.: Высш. шк., 1987 – 449 с.

2. Бажанов Ю. М. Способы определения состава бетонов различных видов. – М.: Стройиздат, 1975. – 272 с.
3. Дворкин Л. И. Проектирование составов бетона с заданными свойствами / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Ровно: РГТУ 1999. – 202 с.
4. Дворкин Л. И. Эффективные цементно-золевые бетоны / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин, Ю. А. Корнийчук. – Ровно.: Изд-во «Эден», 1999 – 195 с.
5. Дворкин Л. И. Будівельник / Л. И. Дворкин, В. И. Соломатов, В. Н. Выровой, С. М. Чудковский. – Ровно: Изд-во РДТУ, 1991. – 137 с.
6. Руководство по применению химических составов в бетоне. – М.: Стройиздат, 1980. – 55 с.
7. Дворкин О. Л. Многопараметрическое проектирование составов бетона. – Ровно: Изд-во РДТУ, 2001. – 121 с.

Поступила в редколлегию 31.08.2005.