

2. Артеменко Т.К. Применение термодинамики влаги и газов в углях, породах, соли к их выбросам в шахтах // Науковий вісник НГАУ, № 6. – Днепропетровск, 1999. – С.8-9.

Получено 18.05.2002

УДК 666.97

О.Л.ДВОРКИН, канд. техн. наук, Л.И.ДВОРКИН, д-р техн. наук
Ровненский государственный технический университет водного хозяйства и природопользования

ТРИ КРИТИЧЕСКИХ В/Ц БЕТОННОЙ СМЕСИ

Приведен анализ водораспределения в бетонных смесях по мере их увлажнения, что позволило найти характерные или критические значения В/Ц. Анализ водного баланса бетонных смесей с различной степенью увлажнения позволяет также объяснить ряд известных эмпирических закономерностей, предложить систему новых количественных зависимостей.

По мере увлажнения смеси цемента и заполнителей вода последовательно адсорбируется на твердых поверхностях, смачивает их, заполняет капиллярно-пористое пространство, раздвигает отдельные зерна и при избытке отделяется в результате седиментационных процессов. Не учитывая незначительное количество гидратной воды, можно записать уравнение водного баланса бетонной смеси:

$$V = X K_{н.г} Ц + K_{с.п} П + K_{с.щ} Щ + V_{полг.} + V_{св.}, \quad (1)$$

где V – водосодержание, определяемое необходимой удобоукладываемостью (формуемостью) смеси, $кг/м^3$; $Ц$, $П$ и $Щ$ – расходы соответственно цемента, песка и щебня (гравия), $кг/м^3$; $K_{н.г}$, $K_{с.п}$, $K_{с.щ}$ – нормальная плотность (в долях единицы) и коэффициенты смачивания песка и щебня; $X = (V/Ц)_г / K_{н.г}$ – относительный показатель увлажнения цементного теста в бетонной смеси ($(V/Ц)_г$ – водоцементное отношение цементного теста); $V_{полг.}$ – вода, поглощенная порами заполнителей, $кг/м^3$; $V_{св.}$ – вода, физико-механически удерживаемая в поровом пространстве между зернами заполнителей, покрытыми цементным тестом, $кг/м^3$.

В зависимости от принятого способа формирования и степени увлажнения бетонная смесь может иметь несвязное (рыхло-землистое) или связанное состояние, характеризующееся различной степенью пластичности. Для цементного теста критерии связности $K_{м.в} = 0,876 K_{н.г}$ и $K_{пр} = 1,65 K_{н.г}$, характеризующие соответственно максимальную влажность и водоудерживающую способность, были предложены И.Н.Ахвердовым [1] и подтверждены многими исследователями.

Минимально необходимое для формуемых смесей количество воды ориентировочно равно:

$$V_{\min} = X_{\text{м.в}} K_{\text{н.г}} \text{Ц} + K_{\text{с.п}} \text{П} + K_{\text{с.щ}} \text{Щ} + V_{\text{погл.}} \quad (2)$$

где $X_{\text{м.в}}$ – относительное влагосодержание цементного теста, соответствующее максимальной влагоемкости цемента, при котором он практически не содержит в ячейках между обводненными частицами капиллярную влагу ($X_{\text{м.в}} \leq 0,876$).

Коэффициенты смачивания $K_{\text{с.п}}$ и $K_{\text{с.щ}}$ характеризуют удельное количество воды, удерживаемой песком и щебнем в пленочном состоянии на своей поверхности. Методика определения $K_{\text{с.п}}$ и $K_{\text{с.щ}}$ была предложена М.Г.Элбакидзе и И.Н.Ахвердовым [3].

При интенсивном механическом воздействии пленочная вода, удерживаемая цементом и заполнителями, может частично отжиматься и переходить в свободную $V_{\text{св}}$.

Способность бетонной смеси растекаться под действием гравитационной силы или вибрации и приобретать определенную подвижность или жесткость обусловлена содержанием физико-механической воды, относительно слабо связанной с цементом и заполнителями (мобильной воды – V_{mob}):

$$V_{\text{mob}} = V_{\text{св}} + (X - X_{\text{м.в}}) K_{\text{н.г}} \text{Ц}. \quad (3)$$

Попытка связать количественной зависимостью содержание несвязанной воды и осадку конуса бетонной смеси сделана в работе [4]. Однако неучет перераспределения воды в бетонной смеси при водосодержании цементного теста больше его предельной водоудерживающей способности не позволил в предложенной [4] зависимости отразить правило постоянства водопотребности.

Измерение подвижности и жесткости бетонной смеси, равно как и ее транспортирование, сопряжены с определенными механическими воздействиями на бетонную смесь. В этих условиях, как показано в работе [2] $K_{\text{пр}} \approx 1,35 K_{\text{н.г}}$.

При $1,35 \geq X > 0,876$ и $V_{\text{св}} = 0$, количество V_{mob} , а соответственно и удобоукладываемость бетонной смеси зависят как от $K_{\text{н.г}}$, так и от расхода цемента. Расчеты по уравнению (3) показывают, что увеличение нормальной плотности на 1 % должно вызвать увеличение водопотребности в среднем на 2 л, расхода цемента на 100 кг – на 10 л, что полностью совпадает с известными эмпирическими рекомендациями [5]. Предельное значение водосодержания бетонных смесей при $X = 1,35$:

$$V_1 = 1,35 K_{\text{н.г}} \text{Ц} + K_{\text{с.п}} \text{П} + K_{\text{с.щ}} \text{Щ} + V_{\text{погл.}} \quad (4)$$

Если $X > 1,35$, то $V_{св} > 0$ и водосодержание бетонных смесей равно:

$$V_2 = V_1 + V_{св} \quad (5)$$

При постоянном водосодержании увеличение расхода цемента приводит, как следует из выражения (1) к уменьшению $V_{св}$, в соответствии с уравнением (3) количество мобильной воды и, следовательно, подвижность бетонной смеси при этом остаются практически постоянными. Этот вывод, полученный аналитически, согласуется с правилом постоянства водопотребности.

Максимально возможное водосодержание бетонных смесей ограничивается их водоудерживающей способностью. Для каждого состава бетонной смеси возможен лишь определенный объем свободной воды, удерживаемой без отделения в поровом пространстве ($V_{св.уд}$). Для определения $V_{св.уд}$ может быть использована эмпирическая зависимость [2]:

$$V_{св.уд} = 1,35K_{н.г}Ц + V_{п}П + 0,07S_{уд.щ}, \quad (6)$$

где $V_{п}$ – водопотребность песка; $S_{уд.щ}$ – удельная поверхность щебня, $м^2/м^3$.

Водопотребность песка рекомендуется определять по известной методике [5] при $(V/Ц)_т = 1,35K_{н.г}$ и вычислять по формуле:

$$V_{п} = \frac{(V/Ц)_р - 1,35K_{н.г}}{n}, \quad (7)$$

где $(V/Ц)_р$ – водоцементное отношение цементно-песчаного раствора; n – количество частей песка в растворе по отношению к цементу.

При совместном решении уравнений (1) и (6) при $X = 1,35$ найдем:

$$V_{св.уд} = (V_{п} - K_{с.п})П + 0,007S_{уд.щ} - K_{с.щ}Щ - V_{погл}. \quad (8)$$

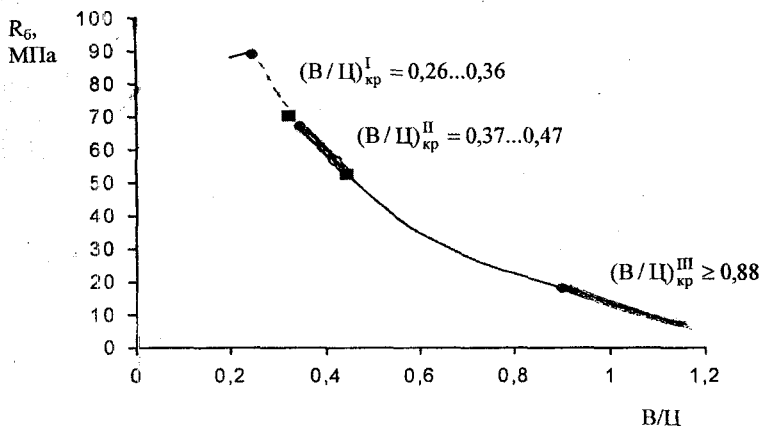
Общее водосодержание бетонных смесей без заметного водоотделения равно:

$$V_3 = V_1 + V_{св.уд} \quad (9)$$

Анализ водораспределения в бетонных смесях по мере их увлажнения позволяет найти характерные или критические значения $V/Ц$.

При $(V/Ц)_{кр}^I = V_{min} / Ц$ (рисунок) представляется возможным достигать максимально возможную прочность и экстремальные значения других однозначно связанных с прочностью свойств бетона. Этому способствует практическое отсутствие в бетоне при $V/Ц = (V/Ц)_{кр}^I$ капиллярной влаги и образуемых ею пор. Для тяже-

лых цементных бетонов, если $K_{н.г}=0,24...0,28$; $K_{с.п}=0,015...0,025$; $K_{с.щ}=0,007...0,01$ и $X_{м.в}=0,876$, то $(В/Ц)_{кр}^I = 0,25...0,35$.



Зоны критических В/Ц на кривой $R_6=f(V/C)$ –
 $Ц=200...500 \text{ кг/м}^3$; $П=600...800 \text{ кг/м}^3$; $П=250 \text{ кг/м}^3$; $K_{н.г}=0,24$; $K_{с.п}=0,025$;
 $K_{с.щ}=0,008$; $B_n=0,14...0,16$; $S_{уд.ц}=362 \text{ м}^2/\text{м}^3$;
 ● – $Ц=500 \text{ кг/м}^3$, $П=600 \text{ кг/м}^3$; ■ – $Ц=200 \text{ кг/м}^3$, $П=800 \text{ кг/м}^3$

Значения $(В/Ц)_{кр}^I$, как следует из выражения (2), смещаются в зависимости от объемного соотношения цементного теста и заполнителей, химико-минералогического и вещественного составов цемента, определяющих его нормальную плотность и водоудерживающую способность, а также факторов, влияющих на количество воды, смачивающей заполнители и поглощаемой ими.

Минимальные значения $(В/Ц)_{кр}^I$ бетона при высокоинтенсивных способах уплотнения (прессовании, вибропрессовании и др.), когда $X_{м.в}$ уменьшается почти в два раза, а $K_{с.п}$ и $K_{с.щ}$ приближаются к адсорбционной влажности, могут достигать $0,15...0,20$. При значениях В/Ц бетонных смесей меньше $(В/Ц)_{кр}^I$ наблюдается снижение прочности (рисунок), обусловленное невозможностью достижения высокой плотности при данном способе уплотнения и нехваткой воды для достаточно полной гидратации цемента.

Капиллярную пористость бетона рассчитывают [6] по формуле

$$\Pi_{\text{кап}} = V/\text{Ц} - b\alpha, \quad (10)$$

где b – коэффициент, зависящий от минералогического состава цемента и условий его твердения; α – степень гидратации цемента.

Принимая в соответствии с известными рекомендациями [6] $b=0,42$; $\alpha=0,6\dots 0,8$, получим, что расчетные $V/\text{Ц}$ бетона, обеспечивающие нулевую капиллярную пористость, находятся в указанных выше пределах $(V/\text{Ц})_{\text{кр}}^I$.

Водоцементное отношение $(V/\text{Ц})_{\text{кр}}^{\text{II}} = V_1/\text{Ц}$, ограничивается предельным значением $X_{\text{м.в}}=1,35$. В пределах области $(V/\text{Ц})_{\text{кр}}^I - (V/\text{Ц})_{\text{кр}}^{\text{II}}$ (рисунок) не выполняется правило постоянства водопотребности и на водопотребность бетонных смесей влияет расход цемента. Известный [7] вывод о том, что верхний предел правила постоянства водопотребности равен $1,68 K_{\text{н.г}}$ не учитывает возможных колебаний содержания воды, расходуемой на смачивание и поглощения воды заполнителями. Действительно:

$$(V/\text{Ц})_{\text{кр}}^{\text{II}} = 1,35 K_{\text{н.г}} + \frac{K_{\text{с.п}}\Pi + K_{\text{с.щ}}\text{Щ}}{\text{Ц}} + \frac{V_{\text{погл}}}{\text{Ц}}. \quad (11)$$

Ориентировочно можно считать, что $(V/\text{Ц})_{\text{кр}}^{\text{II}} = 1,6\dots 1,8 K_{\text{н.г}}$

или $(V/\text{Ц})_{\text{кр}}^{\text{II}} = 0,4\dots 0,5$.

Водоцементное отношение $(V/\text{Ц})_{\text{кр}}^{\text{III}} = V_3/\text{Ц}$ является максимально возможным $V/\text{Ц}$, выше которого наступает заметное водоотделения в бетонной смеси. В диапазоне $(V/\text{Ц})_{\text{кр}}^{\text{II}} - (V/\text{Ц})_{\text{кр}}^{\text{III}}$ (см. рисунок) для бетонных смесей справедливо правило постоянства водопотребности, подвижность (жесткость) бетонной смеси практически определяется лишь водосодержанием и не зависит от расхода цемента.

При значениях $V/\text{Ц} > (V/\text{Ц})_{\text{кр}}^{\text{III}}$ бетонные смеси расслаиваются.

Таким образом, анализ водного баланса бетонных смесей с различной степенью увлажнения позволяет объяснить ряд известных эмпирических закономерностей, предложить систему новых количественных зависимостей.

1. Ахвердов И.Н. Высокопрочный бетон. – М.: Стройиздат, 1961.

2. Грушко И.М., Глушенко Н.Ф., Ильин А.Г. Структура и прочность дорожного

цементного бетона. – Харьков, Изд-во ХГУ, 1965.

3. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. – М.: Стройиздат, 1981.

4. Запорожец И.Д., Окорочков С.Д., Парийский А.А. Тепловыделение бетона. – Л.-М.: Стройиздат, 1966.

5. Руководство по подбору составов тяжелого бетона. – М.: Стройиздат, 1979.

6. Шейкин А.В., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. – М.: Стройиздат, 1979.

7. Сорокер В.И., Довжик В.Г. Жесткие бетонные смеси в производстве сборного железобетона. – М.: Стройиздат, 1964.

Получено 18.05.2002

УДК 69.025.33

А.ШЕВЧИК

SIKA® POLAND, г.Варшава

А.В.ПАНЧЕНКО

SIKA® POLAND, г.Киев

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ ДЛЯ РЕМОНТОВ ГРАДИРЕН И ПРОМЫШЛЕННЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБ

Рассматриваются новые материалы и технологии для ремонта железобетонной конструкции градирен и промышленных дымовых труб.

Фирма SIKА – известный, мирового значения производитель строительной химии. Полный ассортимент достигает нескольких сотен продуктов. С уверенением можно сказать, что изделия SIKА в основном представляют материальные проблемы строительной химии. Эта представительность изделий фирмы SIKА относится как к широкому объему внедрения, так и к факту, что эти изделия принадлежат к классу „hi – tech” среди инженерии строительных материалов. Это касается как технологических свойств, легкости применения, так и эксплуатационных качеств - эффективности применения.

Особый технический результат в строительстве это ремонты, усиления и защита конструкций от коррозии. Эта задача с большой степенью технических трудностей и инженерной ответственности, целью ее является или защита от повреждений, или ремонт повреждения. Это означает, что от материально-технического решения данной задачи требуются прочность и надежность. Первым гарантом этих высоких требований должен быть хорошо подобранный материал для ремонта и защиты конструкций. В результате ремонта или применения поверхностной защиты, возникает новая, многоэлементная система, состоящая из бетонной основы, арматуры и примененных композитов, которая должна выдержать большие химические, механические и другие нагрузки, проявляющиеся во время эксплуатации объекта.