

Технология и организация строительного производства

УДК 693.54

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ БЕТОНА, ВЫДЕРЖИВАЕМОГО В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Г.А. Пикус, К.М. Мозгалёв

Приведена оценка существующих нормативных требований к бетону монолитных конструкций, выдерживаемых в зимних условиях. Рассмотрены такие важные параметры, как прочность бетона, скорость его остывания, разность температур наружного воздуха и бетона при распалубке, перепад температуры по сечению бетона. Проведен критический анализ нормируемых значений прочности бетона и даны обоснованные рекомендации по их корректировке. Указаны теоретически обоснованные замечания по действующим в настоящее время способам контроля прочности бетона. Предложено решение по контролю за обеспечением благоприятного термонапряженного состояния бетона в конструкции.

Ключевые слова: зимнее бетонирование, контроль прочности бетона, температурные напряжения.

В настоящее время в России, как и во многих развитых зарубежных странах, все большую актуальность приобретает строительство из монолитного бетона и железобетона. Учитывая необходимость круглогодичного производства работ, в том числе в экстремальных условиях, это, несомненно, приводит к резкому увеличению объемов зимнего бетонирования. Качество и безопасность монолитных бетонных и железобетонных конструкций, возводимых в зимних условиях, главным образом зависят от соблюдения в процессе производства работ требований нормативных документов в области зимнего бетонирования. При этом предусмотренная частью 5 статьи 42 Федерального закона Российской Федерации № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 года «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» актуализация документов технического регулирования в строительстве должна осуществляться на основе современных теоретических и экспериментальных исследований, а также практического опыта.

Долгие годы в разделе, регламентирующем правила выполнения бетонных работ при отрицательных температурах СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции», было указано (п. 2.61), что контроль прочности бетона следует осуществлять, как правило, испытанием образцов, изготовленных у места укладки бетонной смеси. Однако данное требование не могло быть реализовано в зимнее время, так как массивность образцов куба с ребром 100 мм и, к примеру, колонны с размерами 400×400×3000 мм отличается почти в 5,5 раза, а значит и темп остывания бетона в них будет разным, что приведет к неправильной оценке его прочности. Более того, на стройплощадке может выполняться термообработка бетона в кон-

струкции, которую невозможно повторить в образце-кубе. В то же время, в этом же пункте правил справедливо говорилось, что допускается контролировать прочность бетона по его температуре в процессе выдерживания.

В качестве замечания: следовало исключить слово «допускается», заменив его обязательным требованием. Многочисленные исследования показывают, что в зимних условиях именно контроль прочности бетона по его температуре является единственно возможным [1, 2, 9], за исключением небольшого ряда случаев, которые будут рассмотрены ниже.

Также действующий с 1 сентября 2012 года ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности» предусматривает производство контроля прочности бетона по контрольным образцам (примечание к п. 4.3), изготовленным на строительной площадке и твердевшим в условиях, предусмотренных проектом производства работ или технологическим регламентом на производство монолитных бетонных и железобетонных конструкций данного объекта строительства (п. 5.4) [8]. Но в случае реализации большинства методов зимнего бетонирования выполнить данное требование невозможно.

В СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87» [3] вообще исключены все пункты, касающиеся методов контроля прочности бетона в зимнее время. Оставлены лишь ссылки на национальные стандарты [5–7], в которых отсутствует упоминание о контроле прочности бетона по его температуре. По сути, опять говорится о контроле прочности бетона по образцам-кубам [5] и указана возможность осуществления контроля

прочности неразрушающими методами. Однако в п. 1.6 [6] и п. 1.4 [7] сказано, что испытания неразрушающими методами проводят при положительной температуре бетона. При этом допускается проведение испытаний при температуре не ниже – 10 °С, но при условии, что относительная влажность воздуха при выдерживании бетона не превышала 70 %. Учитывая, что в зимнее время влажность воздуха всегда повышена (например, в Челябинской области относительная влажность воздуха зимой всегда выше 70%), в большинстве случаев применение неразрушающих методов контроля прочности бетона невозможно.

Нужно отметить, что в стандарте Национального объединения строителей СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 «Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля» [4] вопросы контроля прочности бетона в зимних условиях также недостаточно освещены. Вновь нигде не сказано о необходимости и даже возможности контролировать прочность бетона по его температуре. Для развития в системе стандартизации Национального объединения строителей документов в области зимнего бетонирования в настоящий момент кафедра «Технология строительного производства» Южно-Уральского государственного университета разрабатывает в дополнение к СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 рекомендации «Производство бетонных работ при отрицательных температурах наружного воздуха».

Сам по себе контроль прочности бетона не является исчерпывающим при оценке качества бетона. Следует обязательно учитывать и его термонапряженное состояние в процессе выдерживания. На температурные напряжения оказывают влияние следующие основные параметры:

- скорость нагрева и остывания бетона;
- разность температур наружного воздуха и бетона при распалубке;
- перепад температуры по сечению бетона.

Первые два параметра указаны в рассматриваемых нормативных документах, однако их жестко установленные предельные значения вызывают недоумение. Например, скорость остывания бетона в конструкции с модулем поверхности до 10 м⁻¹ регламентируется не более 10 °С/час. В то же время нужно понимать, чем обусловлены данные ограничения: при охлаждении происходит сжатие бетона, чему противодействует образовавшаяся структура бетона. Таким образом, предельные значения скорости остывания должны идти в зависимости от текущей прочности бетона.

Исследования и расчеты, проведенные на кафедре «Технология строительного производства» Южно-Уральского государственного университета, показывают, что эти значения справедливы, если бетон уже набрал свою проектную прочность. В более раннем возрасте предельное значение скорости остывания должно быть уменьшено. Так,

при данной массивности конструкции и текущей прочности бетона 50 % от проектной скорость остывания не должна превышать 5 °С/ч.

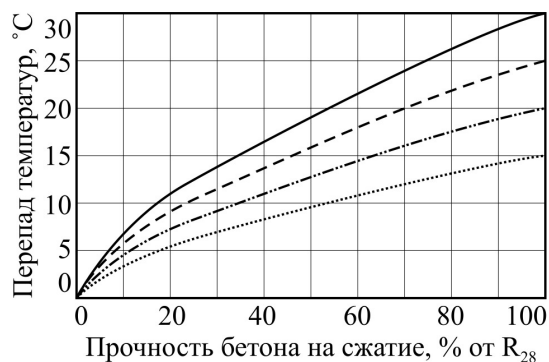
Аналогичное влияние текущая прочность бетона оказывает и на максимальные перепады температур между поверхностью бетона и окружающим воздухом при распалубке. Однако расчеты показывают, что в этом случае существующие нормы излишне жесткие и определяют максимальные перепады температур при текущей прочности бетона, составляющей около 20 % от проектной. Заметим, что распалубка конструкций не допускается до набора бетоном как минимум критической прочности, т. е. не менее 30 %. Таким образом, при распалубке в более поздние сроки возможно увеличивать максимальный перепад температур. Например, для железобетонных конструкций с модулем поверхности 5 м⁻¹ и коэффициентом армирования до 1 % нормируемый максимальный перепад температур составляет 20 °С, а расчеты, выполненные при тех же условиях, свидетельствуют, что при 80%-ной текущей прочности этот перепад может быть увеличен до 50 °С.

Оценка термонапряженного состояния бетона на основе перепада температур по сечению конструкции вообще не рассматривается в существующих нормах. Здесь допустимый уровень температурных напряжений можно определить из условия [2]:

$$\frac{\sigma_{ti}}{R_{bti}} \leq 1,$$

где σ_{ti} – температурные напряжения в бетоне в текущий момент времени; R_{bti} – расчетное сопротивление бетона на осевое растяжение по II группе предельных состояний в текущий момент времени.

Для упрощения расчетов на кафедре «Технология строительного производства» Южно-Уральского государственного университета построен график, позволяющий определить максимально допустимый перепад температуры по сечению бетона конструкции в зависимости от параметров армирования и текущей прочности бетона (см. рисунок).



Армирование 0 % Армирование 1 % ----
Армирование 2 % -- Армирование 3 % —

Максимальный температурный перепад по сечению конструкции

Технология и организация строительного производства

Нормируемые значения прочности бетона

№ п/п	Характеристика бетона и конструкции	Прочность
1	Критическая прочность	
1.1	Бетон без противоморозных добавок для класса: до В10 до В25 В30 и выше	Не менее, % проектной прочности 50 40 30
1.2	Бетон с противоморозными добавками для класса: до В15 до В25 В30 и выше	Не менее, % проектной прочности 30 25 20
1.3	Самоуплотняющийся бетон для класса В30 и выше	Не менее 25 % проектной прочности
2	Распалубочная прочность незагруженных конструкций	
2.1	Фундаменты под оборудование, не подвергающиеся динамическим воздействиям, а также иные конструкции, за исключением указанных в строках 2.2 и 2.3 данной таблицы	Не менее критической прочности
2.2	Конструкции, подвергающиеся по окончании выдерживания переменному замораживанию и оттаиванию в водонасыщенном состоянии или расположенные в зоне сезонного оттаивания вечномерзлых грунтов при условии введения в бетон воздухововлекающих или газообразующих ПАВ	Не менее 80 % проектной прочности
2.3	Пролетные конструкции: при пролете до 6 м при пролете св. 6 м	Не менее, % проектной прочности 70 80

Нельзя не сказать и о табл. 5.7 в [3]. Эта таблица произошла из табл. 6 СНиП 3.03.01-87 и имеет существенные отличия от источника. Однако не все изменения пошли на пользу, оставив разночтения в параметрах прочности бетона к моменту замерзания. Например, значения так называемой «критической прочности» бетона оказались привязаны только к конструкциям, эксплуатирующимся внутри зданий, а значения критической прочности для конструкций, подвергающихся атмосферным воздействиям, в процессе эксплуатации вообще исчезли. Кроме того, бетоны с противоморозными добавками оказались не привязанными к конкретным конструкциям, а приведенные значения критической прочности для таких бетонов меньше, чем аналогичные значения, указанные с привязкой к конструкциям. Это делает невозможным применение нормируемых значений критической прочности бетонов с противоморозными добавками ни к одной конструкции. Переработанная нами в части значений нормируемой прочности таблица представлена выше.

Заключение. По результатам вышеизложенных исследований, выполненных на кафедре «Технология строительного производства» Южно-Уральского государственного университета, разработан стандарт некоммерческого партнерства «СРО Союз строительных компаний Урала и Сибири» СТ-НП СРО ССК-04-2013 «Температурно-прочностной контроль бетона при возведении монолитных конструкций в зимний период», а также рекомендации Национального объединения строителей «Производство бетонных работ в зимний период», в которых раскрыты положения темпера-

турно-прочностного контроля с учетом затронутых в данной статье особенностей зимнего бетонирования.

Литература

1. *Современные строительные технологии: моногр. / под ред. С.Г. Головнева. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. – 268 с.*
2. *Красновский, Б.М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования / Б.М. Красновский. – М.: Изд-во ГАСИС, 2007. – 512 с.*
3. *СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.*
4. *СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011. Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля.*
5. *ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.*
6. *ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.*
7. *ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.*
8. *ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности.*
9. *Пикус, Г.А. Оценка необходимого количества контрольных температурных точек при выдерживании монолитных плитных конструкций в зимнее время / Г.А. Пикус, К.М. Мозгалёв // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2014. – № 3. – С.70–71.*

Пикус Григорий Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология строительного производства», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), pikous@mail.ru

Мозгалёв Кирилл Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология строительного производства», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск); начальник 6-го территориального отдела управления регионального государственного строительного надзора, Министерство строительства, инфраструктуры и дорожного хозяйства Челябинской области, mozgalev_k@mail.ru

Поступила в редакцию 14 октября 2014 г.

Bulletin of the South Ural State University
Series "Construction Engineering and Architecture"
2015, vol. 15, no. 1, pp. 6–9

CONTROL FOR CONCRETE CHARACTERISTICS UNDER WINTER CONDITIONS

G.A. Pikous, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, pikous@mail.ru

K.M. Mozgalev, South Ural State University, 6th territorial subdivision of the Department of Regional State Construction Supervision of Ministry of Construction, Infrastructure and Road Facilities for Chelyabinsk region, Chelyabinsk, Russian Federation, mozgalev_k@mail.ru

The estimate of the requirements for concrete of monolithic structures, ripen under winter conditions is given. Such important characteristics as concrete strength, its rate of cooling, temperature difference between the outside air and concrete at stripping, temperature differential across the concrete section are considered. A critical analysis of the normalized values of concrete strength is given; and recommendations for their correction are highlighted. Theoretically proved comments on the effective way to control the strength of concrete are specified. The solution to control favourable thermal stress of concrete in the structure is performed.

Keywords: winter concreting, control of concrete strength, thermal stresses.

References

1. Golovnev S.G. (ed.) *Sovremennye stroitel'nye tekhnologii: monografiya* [Modern construction technologies: a monograph]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2010. 268 p.
2. Krasnovskiy B.M. *Inzhenerno-fizicheskie osnovy metodov zimnego betonirovaniya* [Engineering and physical fundamentals of winter concreting]. Moscow, GASIS Publ., 2007. 512 p.
3. SP 70.13330.2012. *Nesushchie i ograzhdayushchie konstruksii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 3.03.01-87* [Carrying and protecting structures. The updated edition of SNIP 3.03.01-87]. Moscow, State Building Publ., 2012.
4. STO NOSTROY 2.6.54-2011. *Konstruksii monolitnye betonnye i zhelezobetonnye. Tekhnicheskie trebovaniya k proizvodstvu rabot, pravila i metody kontrolya* [SRT NOSTROY 2.6.54-2011. Design monolithic concrete and reinforced concrete. Technical performance requirements, rules and methods of control]. Moscow, 2011.
5. GOST 10180-90. *Betony. Metody opredeleniya prochnosti po kontrol'nym obraztsam* [GOST 10180-90. Concretes. Methods for determining the strength to control samples]. Moscow, 1990.
6. GOST 17624-87. *Betony. Ul'trazvukovoy metod opredeleniya prochnosti* [GOST 17624-87. Concretes. Ultrasonic method for determining the strength]. Moscow, 1987.
7. GOST 22690-88. *Betony. Opredelenie prochnosti mekhanicheskimi metodami nerazrushayushchego kontrolya* [GOST 22690-88. Concretes. Determination of mechanical methods of nondestructive testing]. Moscow, 1988.
8. GOST 18105-2010. *Betony. Pravila kontrolya i otsenki prochnosti* [GOST 18105-2010. Concretes. Rules for monitoring and evaluation of strength]. Moscow, 2010.
9. Pikus G.A., Mozgalev K.M. [Estimate the required number of control temperature points while maintaining the monolithic slab-like constructions in the winter]. Chelyabinsk, Academic Gazette UralNIIPROJECTRAASN Publ., 2014, no. 3, pp. 70–71 (in Russ.).

Received 14 October 2014