

Технология и организация строительного производства

УДК 693.557

DOI: 10.14529/build190301

НАЗНАЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

Г.А. Пикус

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

В статье рассмотрен вопрос назначения требуемой прочности монолитных конструкций в зимнее время, при которой допускается их распалубка и замораживание. Показано отсутствие в существующих нормативных документах четких требований к оценке требуемой прочности. Выполнено сравнение критической и распалубочной прочностей бетона, оценено влияние сроков производства работ на выбор требуемой прочности, показана необходимость учета влияния перепада температуры между поверхностью бетона и наружным воздухом при назначении распалубочной прочности бетона. Приведены данные расчетов, свидетельствующие об экономической нецелесообразности высоких значений требуемой прочности бетона и демонстрирующие экспоненциальный рост затрат времени на термообработку. В приведенном примере увеличение требуемой прочности бетона на 15 % (с 80 до 95 % от проектной) приводит к увеличению затрат времени на прогрев бетона в 2 раза, а при ее увеличении на 20 % (с 80 до 100 % от проектной) – затраты времени увеличиваются в 3 раза. Сделаны выводы о необходимости проектным организациям в разделе «Проект организации строительства» указывать конкретные значения требуемой прочности бетонов для разных конструкций, учитывая при этом и экономическую целесообразность.

Ключевые слова: зимнее бетонирование, требуемая прочность, распалубочная прочность, критическая прочность.

В соответствии с действующими нормами [1] распалубку монолитных конструкций в зимнее время, а следовательно, и замораживание бетона, можно производить при достижении бетоном требуемой прочности. При этом под требуемой прочностью следует понимать большее значение из критической или распалубочной прочности бетона.

Значения критической прочности (минимальной прочности бетона, по достижении которой бетон может быть заморожен и это не скажется на его конечных физико-механических свойствах) зависят от класса бетона и составляют от 30 (для бетонов с классом по прочности при сжатии В30 и выше) до 50 % от проектной прочности бетона (для бетонов с классом по прочности при сжатии до В10). Данные величины не подлежат обсуждению, так как являются минимально необходимыми, для обеспечения восприятия механических напряжений в бетоне [2] вследствие его раннего замораживания и увеличения объема жидкой фазы при переходе воды в лед. Т. е. должно выполняться условие $\sigma \leq R_t$. В то же время для некоторых видов бетона значения критической прочности могут отличаться от указанных выше [3, 4].

Распалубочная прочность не зависит от класса бетона, а определяется конструктивными решениями. Например, для конструкций перекрытий в зависимости от их пролета распалубочная проч-

ность назначается не менее 70 % или не менее 80 % от проектной прочности бетона [1]. Здесь мы видим неопределенность, связанную с использованием слова «не менее». Т. е. распалубочная прочность может быть и выше указанных значений, что должно быть отражено в проекте. В перечне конструкций, для которых назначается распалубочная прочность, кроме перекрытий присутствуют еще преднапряженные конструкции (распалубочная прочность не менее 80 %). Остальные конструкции, например такие, как колонны, стены, диафрагмы жесткости, балки и т. п., в нормах отсутствуют. Хотя в уже не действующем нормативном документе [5] было указано, что распалубочная прочность любых несущих конструкций, загружаемых в процессе строительства хотя бы частью расчетной нагрузки, должна быть не менее 70–80 %.

Помимо конструктивных решений на распалубочную прочность должен оказывать влияние и перепад температуры между температурами бетона и наружного воздуха [6]. К сожалению, в настоящее время нормативные документы не учитывают прочность бетона к моменту распалубки при назначении температурного перепада. Сейчас этот температурный перепад зависит только от массивности конструкции и процента ее армирования. Однако расчеты показывают [7–11], что в этом случае существующие нормы излишне жесткие и

определяют максимальные перепады температур при распалубочной прочности бетона, составляющей около 20 % от проектной (хотя, как было показано выше, распалубка конструкций не допускается до набора бетоном как минимум критической прочности, т. е. не менее 30 %). Таким образом, при значительном температурном перепаде распалубку конструкций нужно производить в более поздние сроки (при более высокой распалубочной прочности). Например, для железобетонных конструкций с модулем поверхности 5 м^{-1} и коэффициентом армирования до 1 % нормируемый в настоящее время максимальный перепад температур составляет $20 \text{ }^\circ\text{C}$, хотя расчеты, выполненные при тех же условиях, свидетельствуют, что при перепаде температур между бетоном и наружным воздухом в $50 \text{ }^\circ\text{C}$ (к примеру, температура бетона $+30 \text{ }^\circ\text{C}$, а наружного воздуха $-20 \text{ }^\circ\text{C}$) распалубочная прочность бетона должна быть как минимум 80 %.

Вернемся к назначению требуемой прочности. Здесь необходимо в первую очередь ориентироваться на время выполнения монолитных работ и общую продолжительность зимнего периода. Так, если к возводимой конструкции не определены требования норм по распалубочной прочности (например, колонна) и она бетонируется в конце зимнего периода (например, в марте, если зимний период длится с начала ноября по конец марта), то можно предположить, что в качестве распалубочной прочности может выступать критическая прочность. Объяснение такому выбору прочности состоит в том, что в ближайшее время после бетонирования уже наступит потепление, конструкция оттает и продолжит набирать прочность. При этом за столь короткий срок, в течение которого бетон был заморожен, напряжения от объема возведенных в оставшийся (непродолжительный) зимний период вышележащих конструкций могут быть сопоставимы с критической прочностью бетона. Допустимый объем возведенных вышележащих конструкций, скорее всего, будет естественным образом ограничен технологическими возможностями производителя работ или искусственно ограничен проектной организацией без каких-либо экономических последствий.

В случае, если подобная конструкция возводится в начале зимнего периода (для данного примера – в ноябре), то, скорее всего, критической прочностью здесь не обойтись, так как темп возведения вышележащих конструкций здания будет превышать возможности данной колонны по не-

сущей способности. Для примера: панельное здание в 10 этажей на монолитном стилобате возводится в течение 1–2 месяцев. То есть монолитная колонна стилобата уже в декабре–январе должна иметь 100 % прочности. Если же мы обеспечили набор только критической прочности бетоном колонны (30–50 %), то здание можно будет закончить только в теплый период, со всеми вытекающими экономическими последствиями.

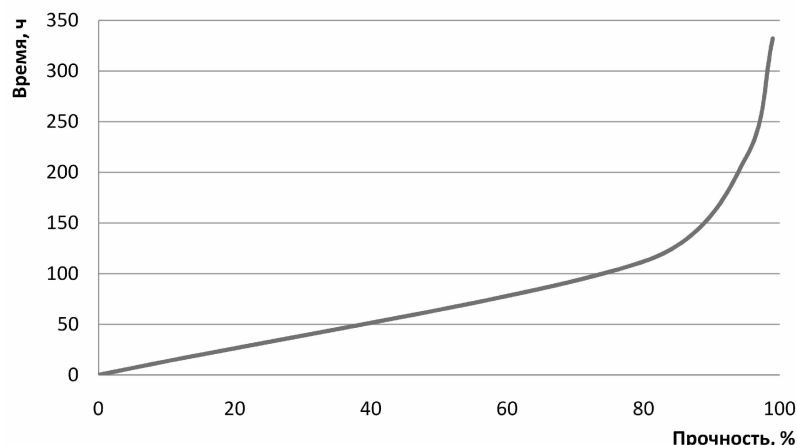
В последнее время наблюдается ситуация, когда заказчик строительства сам назначает величины требуемой прочности бетона, пользуясь вышеописанными неопределенностями стандартов. Обычно он назначает требуемую прочность в 100 %. Это обусловлено его опасением, что бетон после распалубки и замораживания при меньших значениях прочности может недобрать 100 % в теплый период. Недобор прочности может быть вызван, например, неправильным уходом за бетоном после распалубки, вследствие чего вода, необходимая для гидратации цемента, может просто вымерзнуть в течение зимнего периода. При этом следует понимать, что работы по бетонированию уже оплачены, акты подписаны, подрядчик уже ушел со строительной площадки, а над бетонируемой конструкцией уже возведены вышележащие конструкции здания. Бремя оплаты устранения недобора прочности бетона в этом случае ложится на заказчика, чего он совершенно не хочет. Но так ли экономически обоснованно назначение заказчиком требуемой прочности в 100 %?

Для примера возьмем конструкцию монолитной колонны сечением $400 \times 400 \text{ мм}$ и высотой 3000 мм, возводимую из бетона класса В25 (трехсуточная прочность бетона 50 %) в фанерной опалубке толщиной 16 мм в г. Челябинске в марте (коэффициент теплопередачи опалубки $6,62 \text{ Вт/}^\circ\text{C м}^2$). Согласно [12] средняя температура в марте для данного региона составляет $-7,4 \text{ }^\circ\text{C}$, при этом амплитуда колебаний температуры в марте составляет $24,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Таким образом, расчетная температура наружного воздуха составляет $-19,8 \text{ }^\circ\text{C}$ [8, 13].

В качестве метода зимнего бетонирования примем самый распространенный метод – электропрогрева, состоящий из трех этапов: набора температуры, изотермической выдержки при $40 \text{ }^\circ\text{C}$ и остывания до $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Расчеты времени выдерживания бетона и прочности, которую он набирает, выполнялись по известной методике [8, 10, 14, 15] и приведены в таблице и на рисунке.

Время выдерживания бетона до набора требуемой прочности

Этап	Время твердения, ч, до прочности			
	70 %	80 %	95 %	99 %
Подъем температуры	3	3	3	3
Изотермическая выдержка	65	95	197	315
Остывание	14	14	14	14
Суммарное время	82	112	214	332



Изменение времени выдерживания бетона
в зависимости от требуемой прочности

Учитывая особенности расчета прочности бетона по данной методике, когда твердение бетона описывается экспоненциальной зависимостью, получить значение 100 % прочности невозможно. Поэтому предельным значением выбрана прочность 99 %.

Из таблицы видно, что для увеличения прочности бетона всего лишь на 15 % (с 80 до 95 %) требуется увеличить время выдерживания в 2 раза, а для получения проектной прочности нужно увеличить время выдерживания в 3 раза по сравнению с временем, необходимым для набора прочности 80 % от проектной. Причем увеличение времени выдерживания происходит только за счет экзотермического прогрета бетона, что требует дополнительных затрат электроэнергии, амортизации прогревочного оборудования и трудовых затрат на температурный контроль. Кроме этого, увеличивается целый ряд дополнительных расходов, связанных с оборачиваемостью опалубки, простоев грузоподъемной техники и т. п.

Заключение

Заказчику следует внимательно подходить к выбору требуемой прочности бетона при распалубке монолитных конструкций и требовать от проектной организации указывать ее значение в разделе «Проект организации строительства». При этом подход к выбору требуемой прочности должен основываться в том числе и на экономической целесообразности.

Литература

- СП 70.13330-2012. Несущие и ограждающие конструкции. – М.: Госстрой РФ, 2012. – 203 с.
- Соловьянчик, А.Р. Обеспечение повышенных требований к уходу за твердеющим бетоном при возведении конструкций транспортных сооружений / А.Р. Соловьянчик, А.В. Гинзбург, И.С. Пуляев // Вестник МГСУ. – 2013. – № 10. – С. 156–165.
- Мозгалёв, К.М. Интенсификация технологических процессов зимнего бетонирования монолитных зданий / К.М. Мозгалёв // Строительство

и экология: теория, практика, инновации. Сборник докладов I Международной научно-практической конференции, ФГБОУ ВПО ЮУрГУ (НИУ), г. Челябинск. 2015. – С. 130–133.

- Мозгалёв, К.М. Эффективность применения самоуплотняющихся бетонов при возведении монолитных зданий в зимних условиях / К.М. Мозгалёв, С.Г. Головнев, Д.А. Мозгалёва // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2014. – Т. 14, № 1. – С. 33–37.

- СНиП III-15-76. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. – М.: Госстрой СССР, 1976. – 127 с.

- Семенов, К.В. Термическая трещиностойкость массивных бетонных фундаментных плит и ее обеспечение в строительный период зимой / К.В. Семенов, Ю.Г. Барабанчиков // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 2. – С. 125–135.

- СТ-НП СРО ССК-04-2013. Температурно-прочностной контроль бетона при возведении монолитных конструкций в зимний период. – Челябинск: Союз строительных компаний Урала и Сибири, 2013. – 25 с.

- Р-НП СРО ССК-02-2015. Рекомендации по производству бетонных работ в зимний период. – Челябинск: Союз строительных компаний Урала и Сибири, 2015. – 85 с.

- Пикус, Г.А. Контроль параметров бетона, выдерживаемого в зимних условиях / Г.А. Пикус, К.М. Мозгалёв // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2015. – Т. 15, № 1. – С. 6–9.

- Pikus, G.A. Warming of Monolithic Structures in Winter / G.A. Pikus, A.R. Lebed // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – 262. – 012064.

- Красновский, Б.М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования / Б.М. Красновский. – М.: Изд-во ГАСИС, 2004. – 470 с.

- СП 131.13330.2012. Строительная климатология. – М.: Минстрой РФ, 2015. – 120 с.

13. Гныря, А.И. *Технология бетонных работ в зимних условиях* / А.И. Гныря. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1984. – 280 с.

14. Головнев, С.Г. *Технология зимнего бетонирования: оптимизация параметров и выбор*

методов / С.Г. Головнев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 148 с.

15. Головнев, С.Г. *Оптимизация методов зимнего бетонирования* / С.Г. Головнев. – Л.: Стройиздат, 1983. – 235 с.

Пикус Григорий Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Техника, технологии и строительство», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), pikusga@susu.ru

Поступила в редакцию 1 апреля 2019 г.

DOI: 10.14529/build190301

DETERMINING THE REQUIRED CONCRETE STRENGTH IN WINTER TIME

G.A. Pikous, pikusga@susu.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The article considers the issue of determining the required strength of monolithic structures in winter, at which they are allowed to be stripped and frozen. The absence of clear requirements for the assessment of the necessary strength in the existing regulatory documents is shown. The comparison of the critical and stripping strengths of concrete is carried out, the influence of the work production time on the choice of the required strength is estimated, and the need to take into account the influence of the temperature difference between the concrete surface and the outside air in the determining of the stripping strength of concrete is shown. The data of calculations, indicating the economic inexpediency of high values of the required strength of concrete and demonstrating an exponential increase of time spent on heat treatment are presented. In the example, an increase in the required strength of concrete by 15 % (from 80 to 95 % of the designed one) leads to an increase in the time spent on heating concrete by 2 times, and with its increase by 20 % (from 80 to 100 % of the designed one) – the time costs increase by 3 times. Conclusions are made about the need for design organizations in the Project section of the organization of construction to indicate the specific values of the required strength of concrete for different structures, while taking into account the economic feasibility.

Keywords: winter concreting, required strength, stripping strength, critical strength.

References

1. SP 70.13330-2012 *Nesushchiye i ograbdayushchiye konstruksii* [Load-Bearing and Separating Constructions]. Moscow, Gosstroy RF Publ., 2012. 203 p.
2. Solov'yanichik A.R., Ginzburg A.V., Pulyayev I.S. [Providing Increased Requirements for the Care of Hardening Concrete in the Construction of Transport Structures]. *Scientific and Engineering Journal for Construction and Architecture*, 2013, no. 10, pp. 156–165. (in Russ.).
3. Mozgalev K.M. [Intensification of Technological Processes of Winter Concreting of Monolithic Buildings]. *Stroitel'stvo i ekologiya: teoriya, praktika, innovatsii. Sbornik докладov I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Collection of Reports of the I International Scientific-Practical Conference]. Chelyabinsk, 2015, pp. 130–133. (in Russ.).
4. Mozgalev K.M., Golovnev S.G., Mozgaleva D.A. [The Effectiveness of Self-Compacting Concrete during the Construction of Monolithic Buildings in Winter Conditions]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2014, vol. 14, no. 1, pp. 33–37. (in Russ.).
5. SNiP III-15-76. *Betonnyye i zhelezobetonnyye konstruksii monolitnyye* [Concrete and Reinforced Concrete Structures Monolithic]. Moscow, Stroizdat Publ., 1976. 127 p.
6. Semenov K.V., Barabanshchikov Yu.G. [Thermal Crack Resistance of Massive Concrete Base Plates and its Provision during the Construction Period in Winter]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures], 2014, no. 2, pp. 125–135. (in Russ.).

7. ST-NP SRO SSK-04-2013 *Temperaturno-prochnostnoy kontrol' betona pri vozvedenii monolitnykh konstruksiy v zimniy period* [Temperature-Strength Control of Concrete during the Construction of Monolithic Structures in the Winter Period]. Chelyabinsk, 2013. 25 p.
8. R-NP SRO SSK-02-2015 *Rekomendatsii po proizvodstvu betonnykh rabot v zimniy period* [Recommendations about Production of Concrete Works during the Winter Period]. Chelyabinsk, 2015. 85 p.
9. Pikus G.A., Mozgalev K.M. Control for Concrete Characteristics under Winter Conditions. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2015, vol. 15, no. 1, pp. 6–9. (in Russ.).
10. Pikus G.A., Lebed A.R. [Warming of Monolithic Structures in Winter]. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2017, vol. 262, 012064. DOI: 10.1088/1757-899X/262/1/012064.
11. Krasnovskiy B.M. *Inzhenerno-fizicheskiye osnovy metodov zimnego betonirovaniya* [Engineering and Physical Bases of Methods of Winter Concreting]. Moscow, 2004. 470 p.
12. SP 131.13330.2012 *Stroitel'naya klimatologiya* [Building Climatology]. Moscow, Minstroy RF Publ., 2015. 120 p.
13. Gnyrya A.I. *Tekhnologiya betonnykh rabot v zimnikh usloviyakh* [Concrete Technology in Winter Conditions]. Tomsk, TSU Publishing House, 1984. 280 p.
14. Golovnev S.G. *Tekhnologiya zimnego betonirovaniya: optimizatsiya parametrov i vybor metodov* [Technology of Winter Concreting: Optimization of Parameters and Choice of Methods]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 1999. 148 p.
15. Golovnev S.G. *Optimizatsiya metodov zimnego betonirovaniya* [Optimization of Winter Concreting Methods]. Leningrad, Stroyizdat Publ., 1983. 235 p.

Received 1 April 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Пикус, Г.А. Назначение требуемой прочности бетона в зимнее время / Г.А. Пикус // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 5–9. DOI: 10.14529/build190301

FOR CITATION

Pikous G.A. Determining the Required Concrete Strength in Winter Time. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2019, vol. 19, no. 3, pp. 5–9. (in Russ.). DOI: 10.14529/build190301
