

КОНТРОЛЬ ВЛАЖНОСТИ БЕТОНА ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

CONCRETE HUMIDITY CONTROL UNDER INTENSIFICATION OF CONCRETE HARDNESS OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS

С. С. ЖОРОБАЕВ, канд. техн. наук

Влажностный контроль за твердеющим бетоном обеспечивает необходимый уровень влагосодержания бетона монолитных конструкций, что является одним из существенных факторов дальнейшего нормального протекания процессов структурообразования, а также обеспечивает получение заданных физико-технических свойств бетонов, позволяет исключить различные дефекты в конструкциях, ненужные затраты материальных и энергетических ресурсов на их ремонт и восстановление.

Ключевые слова:

Бетонирование в зимних условиях, влажность бетона, градиент температуры, контроль влажности, критическое значение прочности бетона, монолитные железобетонные конструкции, режим прогрева бетона, условия сухой жаркой погоды

Humidity control of hardening concrete provides necessary level of moisture content of concrete of monolithic designs which is one of essential factors for further normal course of structure formation processes, and also ensures the specified physical and technical properties of concrete, eliminates various defects in structures, unnecessary waste of material and energy resources for their repair and restoration.

Key words:

Critical value of concrete strength, dry hot weather conditions, humidity control, humidity of concrete, mode of heating of concrete, monolithic reinforced concrete structures, temperature gradient, winter concreting

Как показывает практика теплового воздействия на бетон монолитных железобетонных конструкций при его раннем возрасте выдерживания, открытые поверхности бетона (например, плит перекрытий, полов из бетона и цементно-песчаного раствора, стен подземных сооружений, монолитных конструкций транспортной инфраструктуры

и т.д.) подвержены воздействиям климатических факторов (температура воздуха, ветер, дождь, снег, солнечная радиация и др.) и требуют значительных трудозатрат, чтобы обеспечить изоляцию от их разрушительного воздействия.

Условия выдерживания бетонов монолитных конструкций можно характеризовать следующим образом:

- летние температурные условия;
- зимние условия;
- тепловая обработка различными способами прогрева и обогрева.

От условий выдерживания бетона зависит состояние его влагосодержания, которое играет существенную роль в будущем структурообразовании бетона.

При летней температуре наружного воздуха, характерной для большинства западных, центральных и восточных регионов страны, открытые поверхности бетона защищают от прямого воздействия солнечных лучей и ветра рогожей, мокрыми опилками, полимерными пленками, влаго- и теплозащитными покрытиями и др.

Изменение влажности по сечению остывающих в зимних условиях бетонных конструкций возможно при наличии температурного градиента по их сечению. Перемещаясь под его воздействием из теплых слоев, влага увеличивает водоцементное отношение охлажденных, как правило, поверхностных слоев конструкции. Если этот процесс произойдет до схватывания и затвердевания бетона, то внутреннее перераспределение первоначально равномерной влажности станет необратимым. В результате в охлажденных в ранний период выдерживания слоях формируется менее плотная структура, с которой впоследствии начинается разрушение бетонных конструкций. В работе [2] определено, что внутренняя миграция влаги является основной причиной снижения прочности бетона с противоморозными добавками при его раннем замораживании, увеличивающая в проведенных опытах до 33,3% исходную влажность охлажденных слоев. В результате за счет увеличения пористости структуры бетона снижение его прочности составило 17%. В экспериментах [3] одностороннее охлаждение свежесуложенного бетона в течение 4 ч с последующим твердением в нормальных условиях привело к переувлажнению охлажденных слоев на 25%, снижению плотности и повышению пористости на 20%.

Процесс внутренней миграции влаги особенно актуален в условиях применения безобогревных методов выдерживания бетонов, контакта бетона с неотогретым основанием, рабочим швом или арматурой.

Основной причиной перемещения влаги в остывающем свежесуложенном бетоне считается перепад капиллярного потенциала, вызванный градиентом температуры, и рассматривается как аналог процесса фильтрации [2].

Авторы [1] отмечают, что при тепловой обработке монолитных конструкций температурный фактор весьма существенно изменяет картину внешнего массообмена твердеющего бетона. Влияние его прослеживается в двух аспектах. С одной стороны, повышение температуры бетона резко увеличивает значение парциального давления пара у поверхности испарения, что приводит к росту ΔP и интенсивности испарения влаги. Следует отметить, что на увеличение ΔP в несравненно большей степени влияет повышение температуры бетонной смеси, нежели снижение температуры окружающей сре-

ды.

Отсутствие аналогии между численными значениями параметров теплопереноса и массопереноса с изменением разности температур между телом и средой заключается в том, что при увеличении разности температур интенсивность теплообмена возрастает пропорционально Δt , в то время как массообмен интенсифицируется по гиперболическому закону ($\Delta P/\Delta t \neq const$). Например при $t_c = -10$ °С увеличение t_6 с 20 до 60 °С увеличивает тепловой поток в 2 раза, тогда как поток массы может возрасти в 3 раза [1].

Из перечисленных факторов температурный существенно изменяет характер испарения, при повышении температуры бетона интенсивность массообмена резко возрастает, но в связи увеличением внутреннего стока влаги, после достижения максимума происходит столь же быстрое снижение интенсивности испарения (рис. 1 и 2).

В целях изучения закономерности изменения влагосодержания бетона при тепловой обработке и его влияния на кинетику роста прочности бетона в раннем возрасте (1-3 сут.) и на последующие сроки твердения в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева были проведены исследования бетонов класса В15 и В22,5. Исследования проводились в специальной пропарочной камере, где создавались следующие условия:

- температура прогрева бетона – 60 °С, 80 °С и 96 °С;
- скорость подъема температуры бетона до изотермической выдержки – 20 °С /ч;
- продолжительность изотермической выдержки 22 ч;
- скорость остывание бетона 25 °С /ч.

С интервалом 3 ч из пропарочной камеры извлекали 3 образца после хранения при комнатной температуре 2 ч и в соответствии ГОСТ 22783 испытывали на прессе. Изменение влажности образцов определяли взвешиванием на весах, установленных над пропарочной камерой.

При этом относительная влажность в камере находилась на уровне 65-74%, что соответствует условиям строительства, и твердения монолитных конструкций в центре Европейской части страны.

По полученным данным были построены зависимости изменения влажности бетона и кинетика роста прочности по времени.

Как видно, из рис. 1 и 2, влажность бетона класса В15 снизилась с 7,4% до 3,15% при тепловой обработке при 95 °С, а влажность бетона класса В22,5 снизилась с 7,76% до 3,9%. Минимальное снижение влажности наблюдалось при тепловой обработке при 60 °С и составило с 7,4 до 5% и 7,76 до 4,98% соответственно для бетонов классов В15 и В22,5.

Для бетона класса В15 прочность бетона при температурах прогрева (+60 °С, +80 °С и +95 °С) соответственно составляют 56, 57 и 62% от R_{28} , для бетона класса В22,5 при температурах прогрева +60 °С, +80 °С и +95 °С соответственно 67, 63 и 65% от R_{28} .

Дальнейшие испытания прочности бетонов после хранения их в нормальных условиях до проектного возраста бетоны, прошедшие тепловую обработку при температурах +60 °С, +80 °С и +95 °С, показали соответственно для бетона класса В15 - 106, 101 и 86% от R_{28} , для бетона класса В22,5 – 103, 101,2 и 84,6% R_{28} , т.е. образцы, прошедшие тепловую обработку при 95 °С, показывают недобор прочности 14,0 и 15,4% соответственно

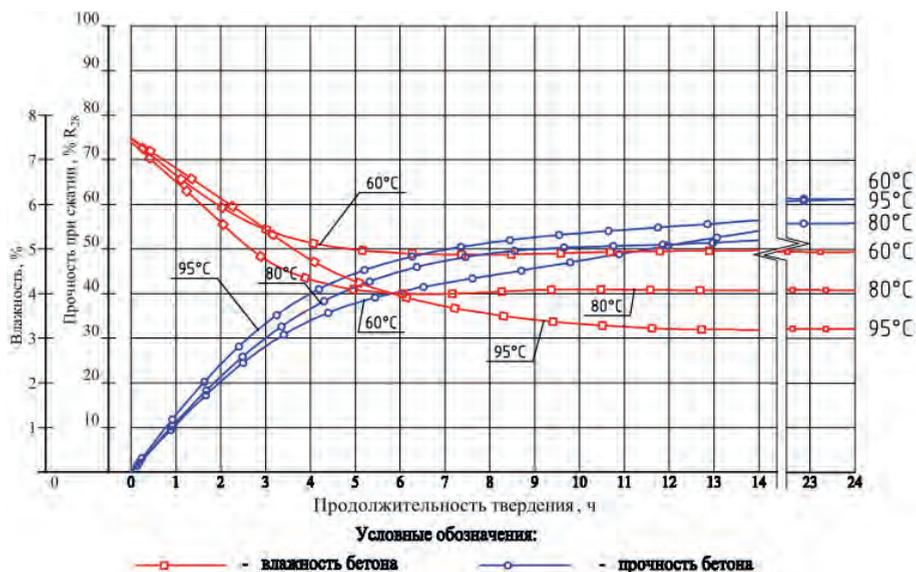


Рис. 1. Нарастание прочности бетона класса В15 в %R₂₈ и изменение его влажности при изотермической выдержке при температуре твердения +60 °С , +80 °С и +95 °С

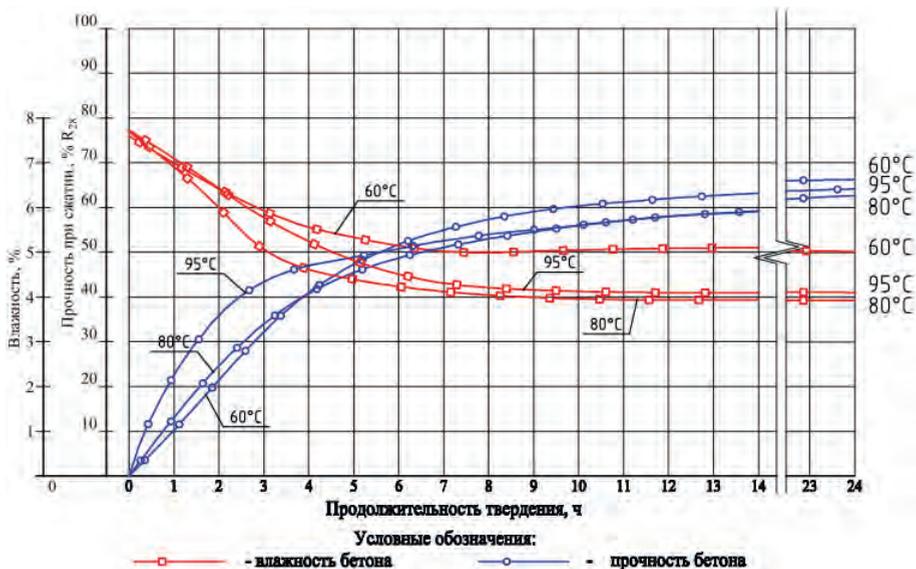


Рис. 2. Нарастание прочности бетона класса В22,5 в %R₂₈ и изменение его влажности при изотермической выдержке при температуре твердения +60 °С , +80 °С и +95 °С

для классов бетонов В15 и В22,5.

Наоборот бетоны, подвергнутые тепловой обработке при мягких режимах изотермической выдержки (60 °С и 80 °С), набирают марочную прочность, что характеризуют эти режимы как наиболее благоприятной для бетонов монолитных конструкций.

Из полученных результатов видно, что кривые изменения влажности в ходе тепловой обработки заметно отличаются, и явно видно влияние влагосодержания на после-

дующие процессы структурообразования, т.е. более высокая температура прогрева не только ускоряет испарение влаги из бетона, но и является одной из причин недобора бетоном прочности.

Анализ известных исследовательских и проделанных нами работ показывают необходимость контроля в построечных условиях не только прочностных показателей бетона, но и контроля влажности бетона, чтобы не допустить снижение их значений менее критических. Как показывает опыт зарубежных стран, практика контроля влажности бетона у них регламентированы стандартами [4, 5], в связи с чем и осознавая важность влажностного контроля твердеющего бетона, считаем, что назрела необходимость разработки нормативно-методической и испытательной базы такого контроля.

В рамках Государственного задания на выполнение услуг (работ), выданного Федеральным автономным учреждением «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве» за №069-00001-18-00 от 26.12.2017 на 2018 год и на плановый период 2019-2020 годов, в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» был разработан проект стандарта ГОСТ Р «Бетоны и растворы строительные. Методы определения, правила контроля и оценки влажности в конструкции».

Определение влажности проводится в целях исключить:

- превышение величины остаточной влажности бетона (мелкозернистого) бетона во избежание ухудшения сцепления основания пола и систем напольных покрытий, таких как эластичные и текстильные напольные покрытия и обшивки.
- формирование значений прочности относительных влагопотерь в твердеющем бетоне в условиях сухого жаркого климата ниже критических;
- резкое снижение влажности ниже критических значений в твердеющем бетоне при тепловой обработке бетона в условиях монолитного строительства;
- значительный градиент влажности (неравномерное распространение влаги) по высоте и по горизонтали в бетоне основания и стяжки промышленных и складских полов (для принятия необходимых мер);
- превышение отпускной влажности легкого бетона (кроме бетона на вспученном перлитовом песке или золе) изделий для наружных ограждающих конструкций при отпуске их потребителю по ГОСТ 13015 и ГОСТ 25820;
- превышение влажности ячеистого бетона при отпуске изделий потребителю по ГОСТ 13015;
- избыточную влагу перед нанесением на бетонную поверхность системы защиты и ремонта по ГОСТ 32016, EN 1504-9.

Результаты проведенных научно-исследовательских работ показывают, что существует критическое значение влажности бетона и снижение её менее критического приводит к приостановке процесса гидратации цемента и к необратимым процессам, в том числе:

- прекращение набора прочности бетоном;
- раннее растрескивание;
- образование многочисленных трещин и дефектов.

По данным некоторых исследователей, критическое значение влажности в процессе твердения бетона находится в пределах 4-5%.

Для ячеистого бетона согласно ГОСТ 25800-2000 влажность при отпуске изделий потребителю не должна превышать 25% для бетона на основе песка и 35% — для бетона на основе золы и других отходов производства.

Несмотря на существующие технологические приемы (устройство водного бассейна, укрытие влагозащитными покрытиями, разделение на панели, швы или секции и др.), не всегда удается исключить появление вышеупомянутых дефектов.

Принятием разработанного стандарта вышеизложенные проблемы будут решены, и определение нормируемого параметра – влажности в конструкциях — станет полноценным.

Обеспечивая и регулируя влажностный режим в сочетании с температурно-прочностным контролем, можно получить монолитные конструкции и сборные изделия из бетона и раствора требуемого качества, а также избежать ненужных и лишних расходов на их ремонт и восстановления.

Библиографический список

1. *Заседателей И.Б., Петров-Денисов В.Г.* Тепло- и массоперенос в бетоне специальных промышленных сооружений. — М.: Стройиздат, 1973.
2. *Лагойда А.В.* О массопереносе и замораживании бетона в раннем возрасте // Бетон и железобетон. – 1996. — №6. – С. 7-10.
3. *Подласова И.А.* Внутренний неизотермический массоперенос в бетоне на ранней стадии выдерживания // Дисс. ... канд. техн. наук. – Томск, 1993.
4. ASTM F2170 - 11 Standard Test Method for Determining Relative Humidity in Concrete Floor Slabs Using in situ Probes.
5. *Жоробаев С.С., Асатрян В.Г.* Влажностный контроль бетона при тепловой обработке монолитных железобетонных конструкций / Сб. статей «50 лет в стройкомплексе Москвы и России». ОАО «КТБ ЖБ». – М.: ООО «НИПКС Восход-А», 2012.

Автор

Суютбек Сатыбалдыевич ЖОРОБАЕВ, канд. техн. наук, старший научный сотрудник Лаборатории технологии бетонов НИИЖБ им. А.А.Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Suiutbek ZHOROBAYEV, Ph. D. (Engineering), senior researcher of the Laboratory of Concrete Technology of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: gss1160@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-76-61