

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 693.54

О ТЕХНОЛОГИИ БЕТОННЫХ РАБОТ В МОНОЛИТНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

**Ю.В. Николенко, М.М. Манаева,
Н.А. Сташевская**

Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

В статье приводятся результаты обработки экспериментальных данных в виде математических моделей набора прочности бетонов, изготовленных на вяжущих низкой водопотребности (ВНВ), которые могут быть применены в монолитном домостроении.

Ключевые слова: вяжущие низкой водопотребности, относительная прочность бетона, прогрев бетона, модуль поверхности, проектная прочность бетона.

Жилищная проблема в нашей стране сохраняется так же остро, как и много лет назад. Очевидно, что общим решением ее является дальнейшее развитие и индустриализация всех без исключения видов жилищного строительства: крупнопанельного, монолитного, кирпичного (мелкоблочного), деревянного и пр. Однако накопленный в последние годы опыт монолитного домостроения выявил технико-экономические преимущества этого вида строительства по сравнению с кирпичным, крупноблочным и даже крупнопанельным. Так, единовременные затраты на создание его базы на 35% меньше, чем в кирпичном домостроении, и на 40—50%, чем в крупнопанельном, расход стали снижается на 7—25%, причем экономия увеличивается по мере повышения этажности. В свою очередь, что немало важно, энергетические затраты на изготовление и возведение монолитных конструкций сокращаются на 25—35% по сравнению с крупнопанельными. Поэтому все эти преимущества индустриального метода способствуют развитию монолитного домостроения как в городах, так и в сельской местности, а также там, где отсутствуют базы сборного железобетона.

В нашей стране за последние 10—15 лет монолитное домостроение получило новый импульс развития. Были освоены новые системы опалубки, и приобретен

положительный опыт возведения монолитных зданий. Российские строительные организации закупили за границей комплекты в основном крупнощитовой опалубки, а российские предприятия освоили выпуск нескольких таких опалубочных систем.

Однако эта технология, позволяя возводить монолитные конструкции любых конфигураций, отличается большими затратами ручного труда на установку и разборку крупнощитовой опалубки. Только достаточно крупные строительные компании могут позволить себе приобрести другие виды опалубок, например объемно-переставную (туннельную).

Причина заключается в нежелании владельцев строительных компаний приобретать качественные системы опалубок (более дорогих и более сложных) и, как следствие, более эффективных технологий. Привлечение иностранных неквалифицированных рабочих, позволяя получать высокие прибыли, зачастую снижают качество производимых работ.

Другая причина — применение бетонных смесей с подвижностью П2 — П3 и класса бетона В12,5 — В25, которые при правильной квалифицированной укладке в опалубку обеспечивают удовлетворительное качество. Однако практически на каждом объекте качество его укладки невысокое, особенно в жаркую или холодную (при отрицательных температурах воздуха) погоду.

Следовательно, работы по изысканию и использованию новых, эффективных составов бетона, методов прогрева смеси, приводящих к сокращению сроков набора прочности бетоном конструкций, что, в свою очередь, уменьшает общую продолжительность строительства объектов, представляются актуальными и имеющими практическую ценность.

Как показывает опыт строительных организаций, для получения высокого качества поверхности внутренних стен и перекрытий, снижения трудоемкости бетонных работ необходимо применять бетонные смеси с подвижностью марок П4 — П5 (так называемый самоуплотняющийся бетон).

Чтобы ликвидировать отставание, необходимо разрешить ряд проблемных вопросов, в том числе внедрения эффективных технологий по бетонированию конструкций и ухода за уложенным бетоном, стараясь приблизиться к заводским технологиям производства сборных железобетонных изделий, которые включают в себя также строгое соблюдение технологической дисциплины, тщательную технологическую подготовку производства и последующий уход за изделиями.

Уход за бетоном на строительной площадке предполагает создание соответствующих тепловлажностных режимов, способствующих гидратации цемента. Основная цель ухода за бетоном заключается в сохранении (насколько это возможно) насыщения бетона влагой как при положительных, так и при отрицательных температурах воздуха.

Количество воды, которую теряет бетонная смесь, а затем и бетон зависит от температуры и относительной влажности воздуха, а также от скорости ветра вблизи открытой поверхности забетонированной конструкции. Если поверхность бетона опрыскивали водой днем, то прохладной ночью большая часть этой воды испарится. Количество воды, потерянной бетоном, в значительной степени зави-

сит от величины открытой поверхности и массивности конструкции, т.е. от модуля открытой поверхности.

При возведении монолитных конструкций много времени тратится на бетонирование плит перекрытий, а также на набор прочности уложенного в них бетона. Если минимальная конструктивная прочность стен и колонн может назначаться примерно 20% прочности бетона в возрасте 28 суток к моменту бетонирования вышележащего перекрытия, то при прочности бетона, уложенного в перекрытие, равного 40% при распалубке под перекрытием оставляют все поддерживающие ее телескопические стойки. При достижении бетоном прочности 50% оставляют половину стоек, при 60% — четвертую часть; стойки оставляют до набора бетоном прочности равной 70—80% проектной.

После бетонирования плиты перекрытия на открытой ее поверхности могут образовываться волосяные трещины, поэтому необходимо воспрепятствовать потере воды с момента укладки бетонной смеси в конструкцию. Такая защита требуется особенно в сухую жаркую погоду, кроме того, она предохраняет уложенный бетон от воздействия атмосферных осадков.

Способы и материалы, применяемые для укрытия твердеющего бетона, хорошо известны. Так, практикой строительства установлено, что при температуре наружного воздуха выше плюс 25 °С в отсутствие ухода за свежеложенным бетоном в течение одних первых суток бетон к 28-суточному возрасту набирает в среднем только около 86% прочности, при отсутствии ухода в течение двух первых суток — около 77%, в течение пяти суток — около 74%. Бетон, твердевший на солнце без ухода, к 28 суткам набирает не более 50—55% от прочности в 28-дневном возрасте [1].

Установлено, что в условиях резко континентального климата из-за циклического нагрева днем до 70 °С и охлаждения ночью до 15 °С и ниже происходит недобор прочности бетона с открытой поверхностью. Бетон такой конструкции и в 28-суточном возрасте может иметь прочность только около 50% проектной. Чтобы уменьшить риск понижения качества монолитных конструкций, авторы предлагают рассчитывать влияние открытой поверхности на относительную прочность бетона без ухода за ним в ранние сроки по следующей эмпирической зависимости:

$$R_{\text{отн}} = 0,9 + 1,781 \cdot Ц - R_{\text{п.пр}} \quad (\text{д.е.}),$$

где $R_{\text{отн}}$ — относительная прочность бетона в процентах от R_{28} ; $Ц$ — относительное содержание (весовая часть) цемента в бетонной смеси в долях единицы $Ц = \frac{Ц}{Ц + П + Щ + В}$,

$Ц, П, Щ, В$ — составляющие бетонной смеси (цемент, песок, щебень, вода); $R_{\text{п.пр}}$ — понижение относительной прочности бетона в зависимости от модуля открытой поверхности в процентах; $R_{\text{п.пр}} = 0,1 \cdot M_{\text{о.п}}$, д.е.; $M_{\text{о.п}}$ — модуль поверхности в м^{-1} .

Анализ формулы показывает, что изменение относительной прочности бетона, который не имел ухода в первые несколько суток, т.е. его качество, прямо про-

порционально относительному содержанию цемента в бетонной смеси и уменьшается пропорционально росту модуля открытой поверхности конструкции. Чем выше относительное содержание цемента в смеси, тем выше прочность бетона, и прочность бетона понижается на величину прямо пропорционально модулю открытой поверхности.

В теплый период после распалубки вертикальных конструкций (стены, колонны, пилоны и др.) для сохранения влаги в бетоне их необходимо укрыть светопрозрачными щитами с воздушным зазором между пленками и периодически увлажнять поверхность в виде распыления воды, а затем снова укрыть. Это позволит гарантированно в короткие сроки достигнуть бетону критической относительной прочности равной 60% R_{28} (особенно в жаркие дни), после чего покрытие можно снять.

В зимний период проводят прогрев бетона различными способами до достижения им критической прочности $R_{отн} = 40—50\% R_{28}$.

Для получения конструкций высокого качества и интенсификации работ по возведению монолитных конструкций зданий необходимо проводить прогрев бетона, уложенного в опалубку перекрытий, в любой период года.

Наиболее экономичным и эффективным способом прогрева открытой поверхности перекрытия может стать применение газовых горелок инфракрасного излучения. Авторами получен патент на полезную модель устройства для тепловой обработки бетонной смеси в монолитных конструкциях [2].

В теплое время года прогрев бетона, уложенного в опалубку перекрытия, производят, как правило, в ночное время после выдержки бетонной смеси в течение 1—2 час. после укладки. В зимнее время производят прогрев, так же как и в летнее — с открытой поверхности, но при этом утепляют нижнюю поверхность (со стороны опалубки).

Авторы предлагают следующую технологическую последовательность для ухода за бетонной смесью и в последующем за бетоном.

После укладки бетонной смеси в опалубку перекрытия ее выдерживают от 1 до 2 час., затем на открытую поверхность перекрытия укладывают светопрозрачные блоки щитов. В это же время на перекрытии устанавливают инфракрасные газовые горелки таким образом, чтобы лучи, испускаемые горелками, были направлены на бетонную смесь.

Термостойкая пленка пропускает инфракрасные лучи, которые при встрече с поверхностью бетонной смеси (бетоном) преобразуются в тепловую энергию, поглощаемую смесью (бетоном). Щиты имеют три слоя пленки, образующих две воздушные камеры. Такое укрытие предохраняет бетонную смесь (бетон) от непосредственного влияния наружной среды (ветра) на температуру уложенной смеси. Замкнутые воздушные камеры служат теплоизоляторами, сдерживают отток теплоты из нее в атмосферу. Кроме того, это укрытие препятствует испарению влаги из смеси (бетона).

Пленки, пропуская лучи от инфракрасных газовых горелок, частично воспринимают тепловую энергию инфракрасного спектра, которая нагревает эти пленки.

Однако устойчивость последней к нагреванию до технологически приемлемых температур при обогреве бетонной смеси (бетона) позволяет обеспечить работоспособность светопрозрачных щитов.

После набора бетоном критической прочности (не менее 50—60% от R_{28}) уход за бетоном можно прекращать.

Применение объемно-переставной опалубки позволяет существенно сократить срок оборота опалубки, доведя его до одних суток. При этом возведение конструкций выполняют в такой последовательности:

- в первой половине рабочего дня производят распалубливание конструкций, чистку и смазку опалубки, затем монтируют ее на новой захватке с установкой необходимой арматуры;

- во второй половине дня укладывают бетон в установленную опалубку;

- уложенный бетон на перекрытии укрывают светопрозрачными щитами.

- в образовавшихся ячейках (туннелях) устанавливают газовые горелки инфракрасного излучения; после их запуска входы закрывают брезентовыми пологами.

Прогрев производят в ночное время в течение 8—12 час.

Обычный бетон после прогрева набирает прочность равную 55—60% R_{28} .

Более эффективно применять бетонные смеси, приготовленные на вяжущих низкой водопотребности (ВНВ), которые позволяют получать смеси высокой подвижности. Это сокращает время укладки бетонной смеси в опалубку и значительно улучшает качество поверхностей отформованных конструкций.

В результате обработки данных проведенных экспериментальных работ при выдерживании образцов в камере нормального твердения получена следующая формула прогнозирования прочности бетона на основе ВНВ:

$$R_{\text{отн}} = \frac{T_{\text{выд}}}{10^{(0,389-2,832 \cdot Ц)} + 0,956 T_{\text{выд}}}; \text{ д.е.}$$

где $T_{\text{выд}}$ — время выдерживания бетона в камере нормального твердения в сутках, $R_{\text{отн}}$, $Ц$ аналогичны членам вышеприведенной формулы.

Максимальная относительная ошибка при расчете по приведенной формуле не превышает 5,6%.

Бетоны на основе ВНВ набирают прочность быстрее обычного. В летнее время, если бетон укрыт светопрозрачными щитами, он набирает 100%-ную проектную прочность.

Таким образом, применение бетона на основе ВНВ и последующий уход за ним позволяет обеспечить в течение одних суток готовые качественные несущие конструкции как вертикальные, так и горизонтальные (перекрытия).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Подгорнов Н.И.* Термообработка бетона с использованием солнечной энергии: Научное издание. — М.: АСВ, 2010. — 328 с. [*Podgornov N.I.* Termoobrabotka betona s ispol'zovaniem solnechnoj jenergii: Nauchnoe izdanie. — М.: ASV, 2010. — 328 s.]

- [2] Патент РФ 113287. Устройство для тепловой обработки бетонной смеси в монолитных конструкциях / Свинцов А.П., Свинцова Н.К., Николенко Ю.В., Гладченко Л.К.; Заявл. 20.10.2011. Оpubл. 10.02.2012. Бюл. № 4. [Patent RF 113287. Ustrojstvo dlja teplovoj obrabotki betonnoj smesi v monolitnyh konstrukcijah / Svincov A.P., Svincova N.K., Nikolenko Ju.V., Gladchenko L.K.; Zajavl. 20.10.2011. Opubl. 10.02.2012. Bjul. № 4.]

ABOUT TECHNOLOGY CONCRETE WORKS IN MONOLITHIC HOUSING

**Y.V. Nikolenko, M.M. Manaeva,
N.A. Stasheuskaya**

Peoples' Friendship University of Russia
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

The article presents the results of the experimental data in the form of mathematical models of curing concrete made on knitting low water (VNV), which can be used in monolithic housing construction.

Key words: binding of low water, the relative strength of the concrete, the concrete heating module surface design strength of concrete.