

УДК 691.327:666.972.4:624.153.5.12.4

Чеслава Николаевна ГОЛОВКО,
заместитель главного инженера
ЗАО "Стройтрест № 7"

Игорь Валерьевич КОВАЛЬ,
кандидат технических наук
УП "Институт БелНИИС"

Алексей Николаевич РАК,
младший научный сотрудник
УП "Институт БелНИИС"

БЕТОН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НИЖНЕЙ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ НАЦИОНАЛЬНОЙ БИБЛИОТЕКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ*

NEW GENERATION CONCRETE
IN CONSTRUCTING THE
BOTTOM FOUNDATION SLAB
OF THE UNDERGROUND PART
OF THE NATIONAL LIBRARY
IN THE REPUBLIC OF BELARUS

В статье изложен новый подход к проектированию модифицированных бетонов следующего поколения и обобщенные результаты осуществления технологии возведения нижней фундаментной плиты.

The paper presents a new approach to the design of modified concretes of a new generation and gives the generalized results of applying the technology for the bottom foundation slab construction.

ВВЕДЕНИЕ

Монолитный бетон — материал, позволяющий реализовывать самые смелые идеи современной архитектурной мысли. Примером использования бетонов нового поколения является возведение монолитных железобетонных конструкций Национальной библиотеки Республики Беларусь.

По масштабам применения монолитного бетона на территории Республики Беларусь подобных объектов ранее не возводилось.

Для реализации проекта руководителям всех уровней, инженерам, проектировщикам и рабочим в содружестве со строительной наукой приходилось оперативно решать различные сложные технические задачи.

Результаты исследований, выполненных УП "Институт БелНИИС" в период 1997—2003 годов в рамках научно-технических программ Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь по проблемам технологии литых и высокоподвижных модифицированных смесей [1], технологии бетонов с повышенными прочностными и эксплуатационными свойствами для развития подземного пространства индустриально развитых городов [2], технологии высокопрочных бетонов в монолитных конструкциях [3], позволили создать научно-технический задел, который был в определенной мере реализован при назначении составов бетонов и технологических режимов возведения конструкций.

Минстройархитектуры поручило унитарному предприятию "Институт БелНИИС" в сжатые сроки разработать необходимые составы модифицированных бетонов и технологические режимы возведения Национальной библиотеки с учетом интенсивности возведения объекта, а также осуществить научно-техническое сопровож-

дение процесса возведения с оказанием консультативного содействия основному генподрядчику — ЗАО "Стройтрест № 7", имевшему опыт возведения в предшествующие годы сложных в техническом отношении объектов — здание железнодорожного вокзала, футбольный манеж в г. Минске и др.

ИСХОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Анализ возможности применения различных модификаторов бетона, их стоимости, технической эффективности и обеспечения требуемых объемов поставок привел к выбору в качестве базовой добавки известного продукта — суперпластификатора С-3. В качестве критериев, предопределивших решение, являлись: умеренная цена в пределах 2000—2400 руб. за 1 кг сухого продукта; отсутствие заметных негативных эффектов; положительный опыт внедрения на территории СССР при возведении ответственных объектов [4, 5, 6, 7]; техническая возможность снижения водосодержания в бетонной смеси на 20 % — 25 %. На основе модификатора С-3 разрабатывались все составы бетонов для несущих железобетонных конструкций Национальной Библиотеки (НБ).

Первой технической задачей явилось возведение массивной фундаментной железобетонной плиты оригинальной формы. Определенную сложность представляли производство работ в зимних условиях и большой объем бетона, настораживало также отсутствие у большинства специалистов и рабочего персонала практики возведения крупных объектов из монолитного бетона. Дополнительные факторы возникали в связи с требованиями обеспечения непрерывности укладки более 3000 м³ бетона без образования рабочих швов в теле плиты.

Подземная часть в виде эллипса, состоящая из бетонной



Рисунок 1. Армирование нижней фундаментной плиты (январь 2003)

подготовки из бетона класса В10, расположенной на ней нижней фундаментной плиты толщиной 1200 мм из бетона класса В25 W6 F100 с размерами в плане 56,0x77,6 м, показана на рисунке 1. Описание общей конструкции НБ, в том числе ее подземной части, уже подробно рассмотрено в статьях специалистов, разработавших данный проект. Отметим лишь такой факт: "свободное" пространство между установленными арматурными стержнями в центральной части нижней фундаментной плиты составило 60 мм.

Проектное решение по армированию нижней фундаментной плиты, буквально насыщенной арматурой диаметром 40 мм, сделало практически невозможным использование в составах композиций бетонов щебня фракции 20-40 мм и смесей с маркой по удобоукладываемости менее П4 (ОК=16—21 см).

Определенные опасения из-за вероятности недоуплотнения бетона при использовании смесей с недостаточной удобоукладываемостью (ОК менее 16 см) предполагались в связи с процессом бетонирования стен высотой до 3,5 м и ограниченным доступом вибрационного оборудования в армированные опалубочные полости. Это диктовало острую необходимость применения смесей с "особо" высокой подвижностью, не требующих повсеместного уплотнения.

Кроме того, следовало обеспечить высокий темп набора прочности бетона в зимний период, что было возможно в двух характерных вариантах:

— при использовании прогрева всего массива бетона по внешнему контуру;

— при применении метода "термос" с интенсивным темпом укладки смеси.

Наиболее устойчивый к колебаниям наружной температуры среды вариант производства работ с прогревом бетонной смеси электродами или греющими проводами мар-

ки ПНСВ был неосуществим ввиду недостаточной мощности трансформаторных подстанций, имевшихся в распоряжении производителей работ.

При выборе вариантов производства работ прорабатывались вопросы по опалубочному пространству подземной части, насыщенному арматурными каркасами; узость свободных опалубочных полостей внутри бетонируемых конструкций; необходимость проведения непрерывного процесса бетонирования фундаментной плиты объемом не менее 3500 м³ в зимних условиях; применение для подачи бетонной смеси к месту укладки различных механизмов и оборудования; обеспечение проектной водонепроницаемости и морозостойкости бетона с учетом различных технологических факторов и директивных сроков выполнения распалубочных работ в зимних условиях.

Для осуществления высокого темпа укладки потребовалось применение литых бетонных смесей с новым сочетанием свойств, гарантирующих получение приемлемой по срокам промежуточной (распалубочной) прочности.

В последние годы среди литых бетонных смесей появились композиции, получившие в последнее время термин "самоуплотняющиеся" или "смеси гравитационного уплотнения". Ведущие страны мира продолжают активное изучение свойств и возможности широкого внедрения таких смесей в строительстве.

Данная разновидность литых бетонных смесей обладает наиболее ярко выраженными технологическими преимуществами. Применительно к технологии бетона термин "самоуплотнение" подразумевает способность бетонной смеси без расслоения заполнять предоставленное ей пространство, т. е. форму с арматурным каркасом, и уплотняться без какого-либо механического воздействия (например, вибрационного), только под влиянием собствен-

ного веса или, что более точно, от действия исключительно гравитационных сил. Изученные до настоящего времени литые смеси лишь частично обладали свойствами, присущими самоуплотняющимся смесям.

По классификации бетонных смесей, используемой в [8], к категории самоуплотняющихся можно отнести смеси марок РК5 и РК6 (при контроле удобоукладываемости по величине расплыва конуса) из шести приведенных в документе.

Термин "самоуплотняющийся бетон" (self-compacting concrete или сокращенно SCC или СУБ) предложен японскими специалистами [9], непосредственно разработавшими основы получения и использования данной разновидности высокоподвижных смесей.

Среди известных примеров использования нового бетона — строительство моста Акаси-Кайкио между японскими островами Хонсю и Сикоку, введенного в эксплуатацию в апреле 1998 г. При использовании обычного бетона продолжительность бетонных работ на этом объекте заняла бы на 2—3 месяца больше, чем при использовании самоуплотняющегося бетона.

ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВОВ БЕТОНОВ

Проектирование композиций подобных смесей базируется, в том числе, на разработанной Н.П.Блещиком [1, 10, 11] с сотрудниками УП "Институт БелНИИС" структурно-механической модели литой бетонной смеси, требующей выполнения условия связности

$$X_{T.M.} \leq X_{T.MAX} = 2,15 - 2,35 \cdot K_{H.G.M.},$$

которое полагает, что практически вся влага в смеси находится в физико-химических формах в виде капиллярной и пленочной воды.

Модель предусматривает, что при выполнении вышеуказанного условия количество свободной воды в системе минимально.

По значениям относительного $X_{T.M.}$ и максимального относительного водосодержания цементного теста в смеси $X_{T.max}$ прогнозируются наиболее опасные для данного вида смесей явления — водоотделение и расщепление.

Важное значение в технологии проектирования составов СУБ имеет величина соотношения содержания мелкого и крупного заполнителей $n = G_p/G_{щ}$. В соответствующей зарубежной литературе, как правило, рассматривают мезо- и макроструктуру бетона, т. е. фиксируют (определяют) объ-

ем крупного заполнителя в бетоне и объем песка в растворной части композита.

С одной стороны, при таком подходе не представляется возможным учитывать ряд структурных показателей, например, пустотность смеси заполнителей $m_{пз}$, объем цементного теста, ушедшего на раздвижку зерен заполнителя $m_{т.1}$ и т. п., напрямую определяющих реологические свойства смеси. С другой стороны, — это упрощает подбор состава СУБ, в особенности, если он носит преимущественно экспериментальный характер.

Когда объем крупного заполнителя в бетоне $G_{щ}/\rho_{щ}$ превышает определенную границу, возможность контакта между частицами крупного заполнителя возрастает. Результатом этого является не только изменение реологических свойств бетонной смеси — повышение вязкости и предельного напряжения сдвига, но и существенный рост риска блокировки при прохождении смеси между арматурными стержнями.

В этой связи проведены экспериментальные исследования влияния соотношения между песком и щебнем на параметры удобоукладываемости бетонной смеси, определяемые расплывом конуса (РК).

Согласно данным (например, рекомендациям EFNARC) в составах СУБ содержание крупного заполнителя в "упакованном состоянии" должно быть не более 28 % — 35 % от объема бетонной смеси по абсолютной величине. В наших опытах данный диапазон был несколько расширен.

По результатам опытов было подтверждено, что при увеличении объемной концентрации крупного заполнителя в дисперсной системе (при постоянной величине объема цементного теста $m_{т.в.}$) с 0,305 до 0,395 наблюдается снижение величины расплыва конуса в смеси с РК = 62 см до РК = 42 см (рисунок 2).

В тоже время увеличение объемной концентрации цементного теста $m_{т.в.}$ в составе с 0,345 до 0,375 (при постоянной величине объемной концентрации крупного заполнителя) вызывает увеличение показателя расплыва конуса с РК = 46 см до РК = 62 см (рисунок 3).

Указанные объемные соотношения компонентов заполнителей и условия обеспечения связности композитной системы легли в основу подхода использованного при проектировании нового типа состава бетона.

По сформулированным технологическим и физико-механическим параметрам для возведения монолит-

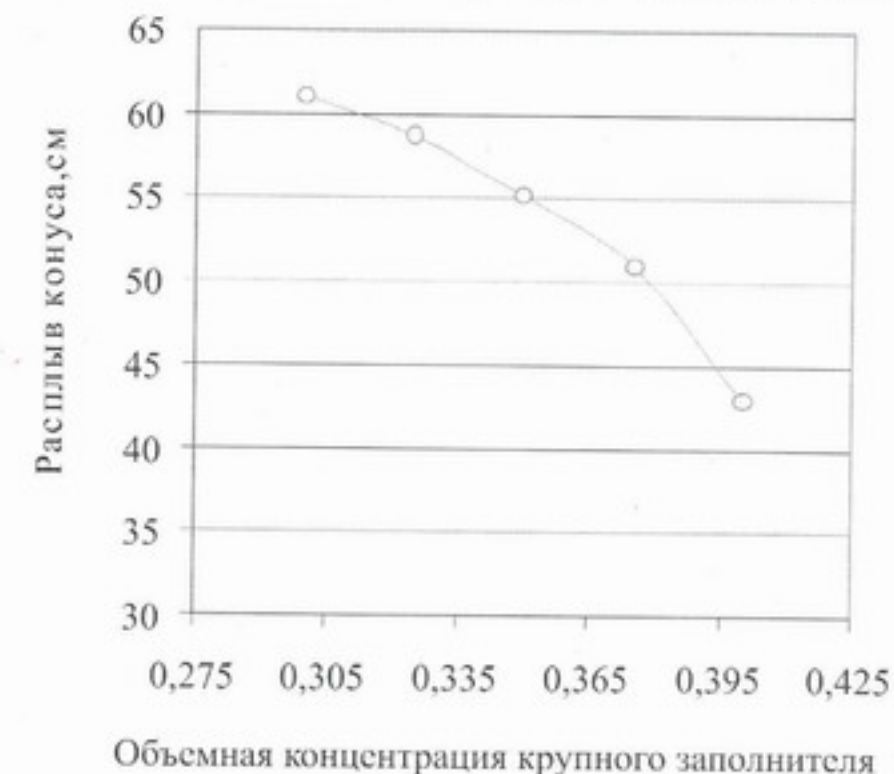


Рисунок 2

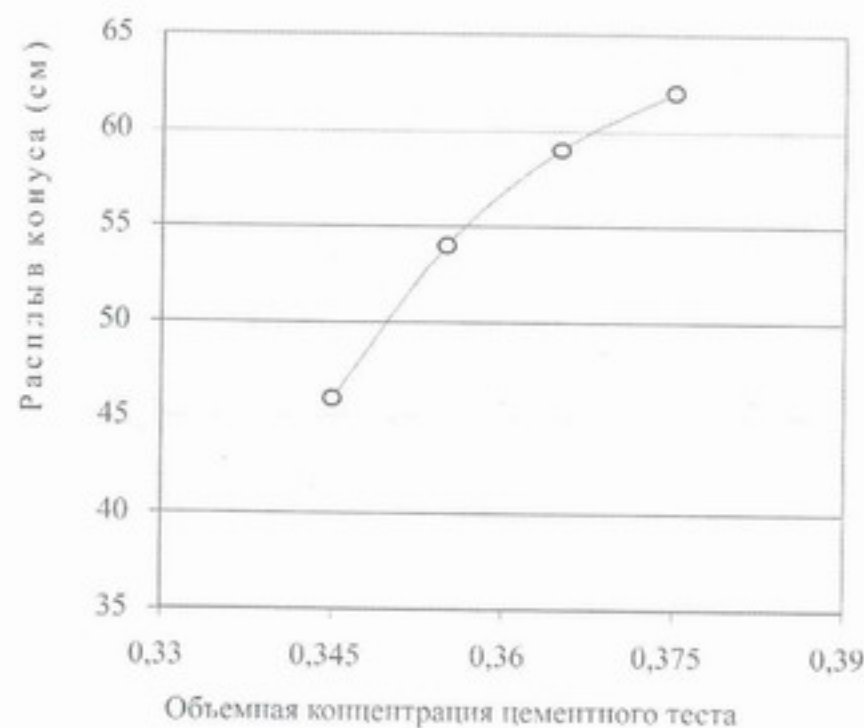


Рисунок 3

Цемент ПЦ500-Д20 ОАО "Красносельск-стройматериалы"	Щебень фракции 5-20 мм карьера "Микашевичи"	Песок с M_k 2,5-3,0 карьеров "Заславль", "Крапужино"	Добавка С-3 (% от МЦ*)	Вода, л (ориентировочно)	Расчетная подвижность; РК, см (марка П5) на БСУ (на объекте)
460	860	920	3,91*** (0,85%)	185-190	55-60 (45-50)

Примечание: * Процент от массы цемента в составе. ** Расход материалов в расчете на сухие заполнители. *** В зависимости от вида используемого цемента расход добавки С-3 в составе бетона увеличивался с 0,85% до 0,9%.

ной железобетонной конструкции нижней фундаментной плиты принят состав бетона класса В25 F100 W6 из высокоподвижной смеси, частично обладающей свойствами СУБ, приведенный в таблице 1.

Для приготовления "настоящего" СУБ требовалось осуществить модернизацию бетонных узлов ОАО "Минскжелезобетон" под дозирование тонкодисперсного наполнителя, к чему предприятие не было готово, прежде всего по срокам.

Структурная характеристика относительного водосодержания цементного теста в составе бетона равна $X_{T.M.} = 1,53$, что менее значения максимального относительного водосодержания $X_{T.MAX} = 1,68$. Условие связности выполняется:

$$X_{T.M.} = 1,53 < X_{T.MAX} = 1,68.$$

Полученные экспериментальные данные о расщеплении P_p и водоотделении V_m подтверждали, что указанные технологические характеристики находятся в пределах допустимых величин по [12].

Величина соотношения мелкого и крупного заполнителей в композиции принята равной $n = 1,07$, которая находится достаточно близко к оптимальной величине по критерию максимального расплыва конуса для самоуплотняющихся смесей, составляющей 1,0 — 1,05.

Кроме того, повышенное содержание мелкого заполнителя (песка) значительно повышает удобоуправляемость смеси при использовании бетононасосов, а также существенно увеличивает водонепроницаемость бетона [13].

Основные структурно-механические и технологические свойства используемой смеси СУБ приведены в таблице 2.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ

Бетонирование фундаментной плиты было начато 20 января 2003 г. Температура воздуха к моменту производства работ составляла 0 °С—3 °С. В течение трех последующих суток с 21 по 23 января температура колебалась от минус 4 °С в ночное время до 5 °С в днев-

ное. Скорость ветра составляла 3—10 м/с.

Бетонная смесь приготавливалась и поставлялась тремя БСУ ОАО "Минскжелезобетон": переулком Твердый; улица Социалистическая; промузел Шабаны. Время движения машин с бетонной смесью в пути от БСУ до объекта в среднем колебалось от 20 до 40 минут.

Смесь разработанной композиции сохраняла расчетную удобоукладываемость в течение 60—70 минут от момента приготовления на узле. Величина расплыва конуса смеси снижалась за данное время с РК = 56—60 см до РК = 45—50 см (рисунок 4). В течение дальнейших 30 минут наблюдалось более активное снижение величины удобоукладываемости смеси с РК = 45—50 см до РК = 36—40 см или с ОК = 22—23 см до ОК = 18—20 см.

Визуально процессы растворо- и водоотделения в бетонной смеси не наблюдались. В процессе бетонирования нижней фундаментной плиты применение высокоподвижной бетонной смеси нового типа позволило до 3-4 раз уменьшить трудозатраты рабочих при укладке смеси.

Процесс бетонирования плиты при помощи бадей и бетононасосов представлен на рисунках 5 и 6. Виброуплотнение проводили глубинными вибраторами типа ИВ-47 и ИВ-67 в течение 3—5 секунд для смесей, укладываемых методом "кран-бадья". При применении бетононасоса уплотнения смеси данного типа, как прави-

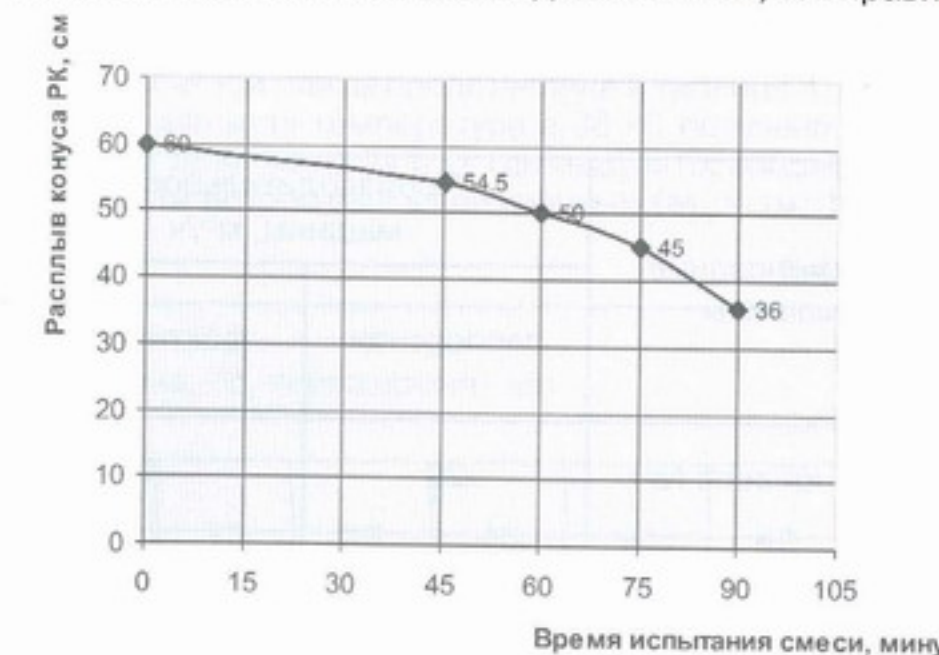


Рисунок 4. Сохраняемость смеси

Таблица 2.

Максимальное водосодержание модифицированного цементного теста $X_{T.MAX}$	Расплыв конуса РК, см (марка смеси по [8])	Относительное водосодержание модифицированного цементного теста $X_{T.M.}$	Соотношение заполнителей n	В/Ц	Водоотделение V_m , %	Расщепление P_p , %
1,68	55—60 (РК5)	1,53	1,07	0,413	0,3	4,0

ло, не требовалось (см. рисунок 6). Общее время укладки 3564 м³ бетонной смеси составило 62 часа, т. е. почти трое суток. Работы по укладке бетонной смеси были закончены 23 января 2003 г.

При производстве бетонных работ по укладке смеси в конструкцию нижней монолитной фундаментной плиты использовали машины, механизмы и рабочий персонал, представленные в таблице 3.

Объем выработки на одного рабочего, занятого на бетонных работах (без учета неработающих рабочих в связи с вышедшим из строя из-за механической поломки бетононасосом), составил в среднем 108,5 м³/чел. Из всего объема нижней фундаментной плиты методом "кран-бадья" уложено соответственно 2729 м³ бетона или 76,5 %, а бетононасосами — 835 м³ или 23,5 %. Технологический режим выдерживания бетона нижней фундаментной плиты еще до начала работ являлся предметом активных дискуссий между сторонниками различных методов выдерживания бетона.



Рисунок 5. Бетонирование нижней фундаментной плиты при помощи бадей типа БП-1,0 краном типа КБ-674



Рисунок 6. Бетонирование нижней фундаментной плиты НБ при помощи бетононасоса (20-22 января 2003 г.)

Таблица 3.

Наименование машины	Производительность машины, м ³ /ч		Количество рабочих, чел.		Фактическая выработка, м ³ на один механизм (одного рабочего)
	паспортная	фактическая	обслуживающих данную машину	занятых укладкой смеси данной машины	
Бетононасос №1	20	15	3	5	15x50=755 (755/8=94)
Бетононасос №2	60	40	3	5	40x2=80 (80/8=10)
Кран монтажный типа КБ-674 А1	Расчетная 10	14	3*	5	14x59=833 (833/8=104)
Кран монтажный типа КБ-674 А2	Расчетная 10	16	3*	5	16x62=992 (992/8=124)
Кран монтажный типа КБ-674 А3	Расчетная 10	15	3*	5	15x60=900 (900/8=112)
Итого:	110	60 (100)	9* (12*)	15 (20)	3564

Примечание: * Включая рабочих-такелажников, принимающих бетон в бадьи.



Рисунок 7. Выдерживание бетона класса В25 W6 F100 нижней фундаментной плиты методом "термоса" с добетонированием отдельных участков плиты бетононасосом (на дальнем плане)

Разработчик технологической карты на возведение нижней фундаментной плиты Национальной библиотеки Республики Беларусь ОАО "Оргстрой" предложил выдерживать бетон с подачей теплого воздуха по нескольким установленным теплогенераторам под брезент, которым планировалось укрыть бетон, т. е. фактически методом "термоса" с подогревом бетона верхней части плиты потоками горячего воздуха. Доводы противников метода сводились к опасности появления усадочных трещин из-за пересушивания поверхности бетона.

Однако появление после включения теплогенераторов небольшого числа усадочных трещин в местах вблизи их работы поставило окончательную точку в дискуссиях. Температура поставляемой бетонной смеси в момент укладки находилась в пределах 10 °С — 12 °С. По истечении 4 часов в зонах плиты, где была первоначально уложена бетонная смесь, температура стала посте-

пенно повышаться с 10 °С — 12 °С до 28 °С — 38 °С (через 42—46 часов). По мере бетонирования поверхность уложенного бетона постепенно укрывалась брезентом. Процесс выдерживания бетона нижней фундаментной плиты по методу "термоса" показан на рисунке 7. С учетом начавшегося процесса интенсивного подъема температуры в бетоне за счет тепловыделения в процессе гидратации цемента и ввиду появления небольшого количества трещин усадочного происхождения, работа теплогенераторов была немедленно прекращена.

Выдерживание бетона фактически производилось методом "термоса". Для подобного варианта выдерживания бетона УП "Институт БелНИИС" произвел необходимые расчеты и спрогнозировал получение средней температуры в плите в пределах 26 °С — 30 °С.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ

Контроль удобоукладываемости смеси по показателю РК проводили с использованием оборудования, стандартизированного в [8]. Для контроля за температурой использовались обычные лунки, заполненные машинным маслом на глубину до 150 мм, что давало возможность получения объективной информации по различным зонам конструкции плиты. Контроль велся генподрядчиком (каждые 4 часа) ЗАО "Стройтрест № 7" путем снятия показаний ртутных термометров. Обобщенная кинетика роста температуры в бетоне нижней фундаментной плиты представлена в таблице 4.

Максимальная температура в 38 °С получена в центральной зоне плиты (ось 5), где модуль охлаждаемой поверхности бетона был минимальным ($M_n = 1м^{-1}$). Мини-

Таблица 4.

Наименование зоны в нижней плите	Средняя температура бетона, °С, через время, час												
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
Ось 1-2 (Л-Т) (крайние зоны плиты)	12	14	17	20	21	23	25	26	28	28	28	27	27
Ось 5 (Л-Т) (центр плиты)	12	16	20	23	26	28	30	32	34	36	38	38	36
Ось 7-8 (Л-Т) (крайние зоны плиты)	10	12	15	18	19	22	24	25	27	28	27	27	26

мальная температура 28 °С была получена в зонах вблизи краев плиты (оси 1, 7), где модуль поверхности был несколько выше ($M_p = 2 \text{ м}^{-1}$).

Достигнутая по трем осям средняя температура составила $(38+28+28)/3 = 31,3 \text{ °С}$. Расхождение между расчетной (по данным УП "Институт БелНИИС") и фактической температурами (по данным лаборатории ЗАО "Стройтрест № 7") в бетоне нижней фундаментной плиты составило $31,3-26,5 = 4,8 \text{ °С}$.

Полученную погрешность в 15 % можно считать удовлетворительной.

Кинетика роста температуры бетона за счет тепловыделения в процессе гидратации цемента в различных зонах фундаментной плиты приведена на рисунке 8. По данным измерений температура, как и предполагалось, отличалась в зависимости от места её измерения — в центре (ось 5) или по краю конструкции монолитной плиты (оси 1, 7). С целью недопущения образования усадочных поверхностных трещин в бетоне производился полив поверхности плиты водой.

В процессе бетонирования изготавливались образцы бетона в соответствии с требованиями [14]. Затем кубы выдерживались в условиях, приближенных к условиям твердения бетона нижней фундаментной плиты.

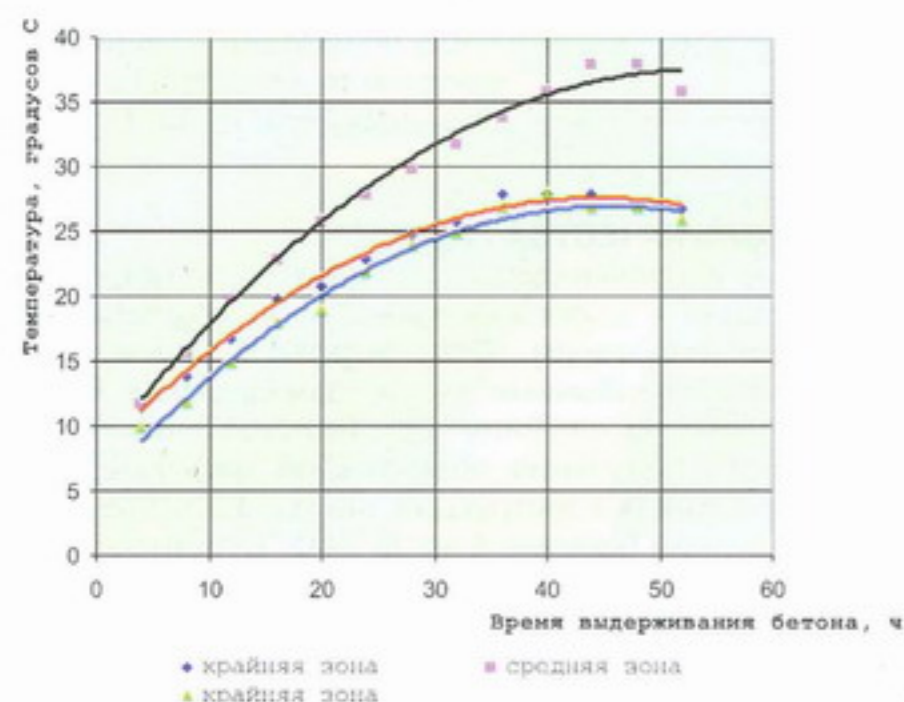


Рисунок 8. Кинетика роста температуры в бетоне фундаментной плиты

Обобщенные результаты кинетики набора прочности модифицированного бетона, использованного для возведения фундаментной плиты, представлены в таблице 5.

Прочность бетона на сжатие на 4—5 суток составила $R_b = 22,7-23,7 \text{ МПа}$, что эквивалентно 69 %—72 % от прочности бетона проектного класса В25. В возрасте 28 суток прочность бетона данного состава получена на уровне 42,6—45,2 МПа, что несколько выше требуемой проектной прочности в возрасте 28 суток.

Распалубочная (промежуточная, согласно терминологии [15]) прочность бетона, установленная величиной 50 % от проектного класса или $R_p = 16,4 \text{ МПа}$ для зимних условий, принята не ниже критической для класса бетона В25 [16].

Данные по фактической величине прочности бетона, уложенного в конструкцию нижней плиты, позволили начать распалубку уже на 3 сутки после начала бетонирования. При этом в расчет принималось требование обеспечения допустимой разницы температур на границе контакта "бетон-окружающая среда", ограниченной значением 20 °С [16].

Визуальный осмотр бетона продемонстрировал вполне удовлетворительное качество поверхностей забетонированных участков. Крупных раковин или незаполненных участков в массиве фундаментной плиты не зафиксировано. В отдельных местах конструкции отмечены небольшие трещины усадочного происхождения — преимущественно в местах вблизи включения теплогенераторов.

В целом процесс укладки смеси и выдерживания бетона методом "термоса" с распалубкой нижней фундаментной плиты объемом 3564 м³ занял 7—8 суток.

Испытания образцов кубов и цилиндров на морозостойкость и водонепроницаемость, подтвержденные актами испытаний, показали соответствие проектных характеристик W6 и F100.

Прочность образцов-кубов бетона, изготовленных из литой смеси, отобранной со стройплощадки (акт отбора проб № 1 от 20.01.2003 г.), и выдержанных в лабораторных условиях в течение 28 суток, равнялась $R_{b28} = 53,2 \text{ МПа}$. Показатель водонепроницаемости бетона получен на уровне не менее W8, при проектном показателе W6, причем дальнейшие испытания были остановлены.

Испытания образцов бетона с объекта, проведенные аккредитованной лабораторией ОИСК "Институт БелНИИС", установили, что морозостойкость бетона данного состава соответствует марке F400 (образцы выдержали 450 циклов испытаний).

Таблица 5.

Проектный класс и проектная прочность бетона, МПа	Прочность бетона R_b , МПа*, в возрасте, сут			Требуемая распалубочная прочность бетона R_p , МПа (% от класса)	Водоцементное отношение в составе бетона (В/Ц)
	4	5	28		
B25 W6F100 (32,7 МПа) (22—23 янв. 2003)	22,7	-	45,2	16,4 (50%)	0,42-0,425
B25W6F100 (32,7МПа) (20—21 янв. 2003)	-	23,7	42,6		

Примечание: * Прочностные данные подтверждены протоколами испытаний лаборатории ЗАО "Стройтрест № 7" (№ 7 от 25.01.03 г.; № 10 от 27.01.03 г.; № 12 от 20.02.03 г.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Применение нового с технологической точки зрения состава модифицированной бетонной смеси, частично обладающей свойствами СУБ, оправдалось с экономической и технической стороны, так как позволило:

— обеспечить качественное заполнение армированных участков плиты с ячейкой 60х60 мм, труднодоступных вибрационному уплотнению традиционно принятыми методами;

— снизить общее время укладки бетона (3 суток вместо планируемых 4-6 суток при смесях подвижностью с показателем ОК = 10-12 см), что имело важное значение для соответствия фактического темпа директивному календарному плану работ;

— уменьшить трудоемкость бетонных работ в 3-4 раза за счет отказа от повсеместного виброуплотнения и трудозатрат, связанных с распределением смеси в массиве плиты;

— получить за счет повышенной экзотермии бетона быстрый темп набора прочности и полностью исключить энергозатраты на обогрев бетона, что способствовало сокращению времени выдерживания бетона

ЛИТЕРАТУРА

- Исследовать, разработать и внедрить ресурсосберегающую литьевую технологию возведения монолитных конструкций с использованием отходов промышленных производств Республики Беларусь: Отчет о НИР (заключит.)/БелНИИС; Рук. темы Н.П. Блещик. Гос. рег. № 19962055. Минск, 1997. — 170 с.
- Разработать и внедрить технологию получения железобетонных конструкций, изделий и монолитного бетона с повышенными эксплуатационными свойствами для подземного пространства индустриально развитых городов, используемого, в том числе, для чрезвычайных ситуаций. Отчет о НИР (закл.)/БелНИИС; Гос.рег. № 20013622. Рук. темы Н.П. Блещик; Минск, 2003. — 150 с.
- Исследовать, разработать и внедрить энергосберегающую интенсивную технологию возведения монолитных каркасных зданий и сооружений из высокопрочного бетона. Отчет о НИР (заключит.)/БелНИИС; Рук.темы Н.П.Блещик, № гр.20011378, Минск, 2003.— 264 с. в 3-х книгах.
- Каприелов С.С. Влияние суперпластификатора С-3 на технологические характеристики бетонной смеси.//В сб.: Бетоны с эффективными суперпластификаторами. —М., 1979. — С. 36-49.
- Затворницкая Т.А., Коняева С.А. Микулович Б.Ф. Литые бетоны в гидроэнергетическом строительстве. — М. Энергия, 1974. — 113 с.
- Калмыков Л.Ф. Литьевая технология бетонирования монолитных конструкций. — Минск, БелНИИТИ, 1989. — 72 с.
- Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. — 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Технопроект, 1998. — 768 с.
- СТБ 1545-2005 Бетонные смеси. Методы испытаний.
- Okamura, H., Ouchi, M., "Self-Compacting Concrete. Development, Present use and Future", Proceedings of the First International RILEM Symposium 8. Self-Compacting Concrete, Stockholm 1999. RILEM Publication PRO7.
- Блещик Н.П. Основы реологии и технологии пресс-вакуум-бетона. Автореф. дисс. д-ра техн. наук. — М., 1988. — 36 с.
- Рекомендации по технологии возведения монолитных железобетонных конструкций с применением литьевых бетонных смесей. НИЭПГП БелНИИС/ Под редакцией Н.П. Блещика; И.В. Ковалю; Минск, 1999, НПООО "Стринко". — 22 с.
- СТБ 1035-96 Смеси бетонные. Технические условия.
- Бовин Г.П. Возведение водонепроницаемых сооружений из бетона и железобетона. — М: Стройиздат, 1969. — 183 с.
- ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
- ГОСТ 18105-86 Бетоны. Правила контроля прочности.
- СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции.