

УДК 666.972.55

Опыт производства и контроля качества высокопрочных бетонов на строительстве высотного комплекса «ОКО» в ММДЦ «Москва-Сити»

Семен Суменович КАПРИЕЛОВ, доктор технических наук, зав. лабораторией № 16,
e-mail: kapriellov@masterbeton-mb.ru

Андрей Владимирович ШЕЙНФЕЛЬД, доктор технических наук, зам. зав. лабораторией № 16,
e-mail: sheynfeld@masterbeton-mb.ru

НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ Строительство», 109428 Москва, 2-я Институтская ул., 6, корп. 5

Джалаль АЛЬ-ОМАИС, кандидат технических наук, руководитель строительства,
e-mail: al-omais@capitalgroup.ru

Департамент управления специальных проектов «Capital Group», 123317 Москва, Пресненская наб., 8, стр. 1

Александр Сергеевич ЗАЙЦЕВ, инженер, e-mail: zaitsev@masterbeton-mb.ru

ООО «Предприятие Мастер Бетон», 109518 Москва, ул. Саратовская, 31

***Аннотация.** Представлен опыт возведения и контроля качества конструкций каркасов двух высотных зданий комплекса «ОКО» Московского международного делового центра «Москва-Сити» из высокопрочных бетонов шести классов на основе органоминеральных модификаторов. Технология возведения конструкций из самоуплотняющихся смесей учитывала повышенную температуру твердения бетонов, которая достигалась за счет тепловыделения (саморазогрева) массивных вертикальных стен и колонн, а также электропрогрева тонкостенных перекрытий в зимний период. Такая технология позволила ускорить оборачиваемость опалубки и нагружение конструкций, тем самым обеспечив заданные сроки и высокое качество строительства. Система контроля качества высокопрочных бетонов согласно ГОСТ 31914–2012 «Бетоны высокопрочные тяжелые и мелкозернистые для монолитных конструкций. Правила контроля и оценки качества» не только дала объективную информацию о его прочности, но и позволила предотвратить брак и управлять качеством бетона при возведении уникальных конструкций и сооружений.*

***Ключевые слова:** высотное здание, железобетонный каркас, высокопрочный бетон, самоуплотняющийся бетон, органоминеральный модификатор, контроль качества.*

EXPERIENCE IN PRODUCTION AND QUALITY CONTROL OF HIGH-STRENGTH CONCRETE USED IN CONSTRUCTION OF HIGH-RISE COMPLEX "OKO" IN MIBC "MOSCOW-CITY"

Simon S. KAPRIELOV, e-mail: kapriellov@masterbeton-mb.ru

Andrey V. SHEYNFELD, e-mail: sheynfeld@masterbeton-mb.ru

JSC Research of Construction, NIIZHB named after A. A. Gvozdev, 2-ya Institutskaya ul., 6, Moscow 109428, Russian Federation

Dzhalal AL-OMAIIS, e-mail: al-omais@capitalgroup.ru

Capital Group, Presnenskaya nab., 8, str. 1, Moscow 123317, Russian Federation

Aleksandr S. ZAITSEV, e-mail: zaitsev@masterbeton-mb.ru

Master Concrete Enterprise LTD, Saratovskaya ul., 31, Moscow 109518, Russian Federation

***Abstract.** The article presents our experience in the construction and quality control of building frames of two high-rises in the complex "OKO" of MIBC «Moscow-City» of high-strength concrete of six classes based on organo-mineral modifiers. The technology of construction of structures made of self-compacting concrete mixtures considers the increased temperature of concrete curing, which is achieved due to heat dissipation (self-heating) of massive vertical walls and columns and as well as due to electric curing of thin-walled beams in winter period. This technology made it possible to accelerate the turnover of formwork and structure loading, and thus to provide the specified time and high quality of construction workmanship. The quality control system of high-strength concretes according to GOST 31914 has given not only objective information on its strength, but also helped to prevent rejects and to control the quality of concrete when constructing unique structures and facilities.*

***Key words:** high-rise building, reinforced concrete building frame, high-strength concrete, self-compacting concrete, organo-mineral modifier, concrete quality control.*

Одной из важнейших технических задач, которые приходится решать при возведении конструкций и сооружений из высокопрочного бетона, является обеспечение требуемого качества бетона. Эта многофакторная задача, требующая учета комплекса технологических процессов и контрольных процедур на разных стадиях производства бетонных работ, становится особенно актуальной, когда строительство ведется в условиях низких отрицательных температур [1–3].

Как известно, принцип контроля качества высокопрочных бетонов в процессе возведения конструкций, включающий оценку характеристик бетонных смесей и бетонов от момента доставки смесей на стройплощадку до твердения бетона в конструкциях, разработанный при строительстве объектов в ММДЦ «Москва-Сити», оказался надежным и эффективным [4] и стандартизирован в форме ГОСТ 31914–2012 «Бетоны высокопрочные тяжелые и мелкозернистые для монолитных конструкций. Правила контроля и оценки качества».

Заметим, что ранее опубликованная информация касалась опыта контроля и управления качеством бетонов классов до В90 [4, 5]. Здесь приводится информация о некоторых особенностях производства работ при разной температуре окружающей среды и оценке качества бетонов классов от В70 до В100 при строительстве многофункционального высотного комплекса «ОКО» на участке № 16А в ММДЦ «Москва-Сити».

Высотный комплекс «ОКО» включает в себя две башни: 55-этажное здание офисов высотой 244 м и 94-этажное здание апартаментов высотой 354 м. Железобетонные каркасы башен размером в плане ~40×70 м и

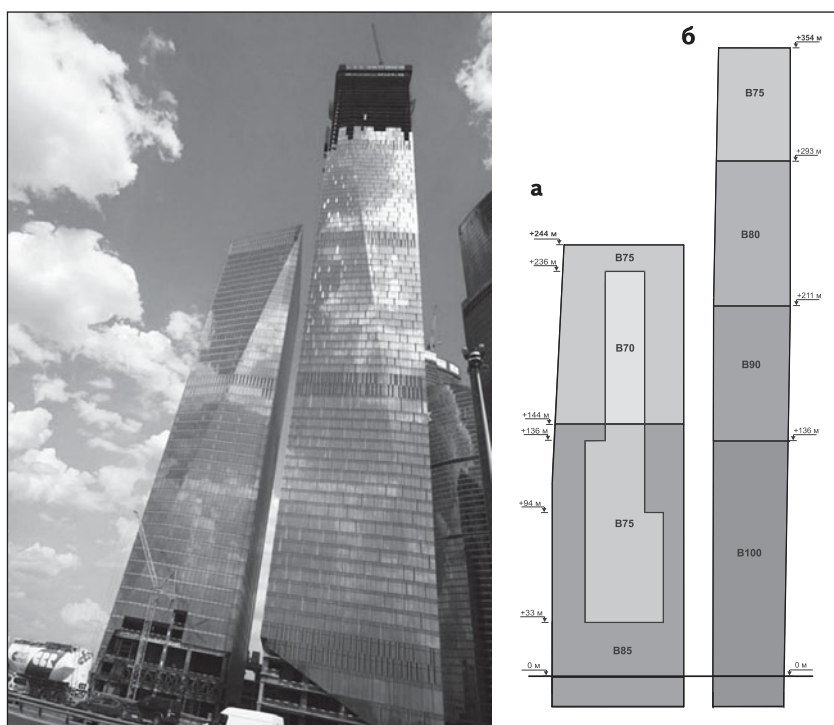


Рис. 1. Распределение классов бетона в вертикальных конструкциях каркасов башен офисов (а) и апартаментов (б)

~36×36 м с высотой типовых этажей 4,4 и 3,4 м соответственно состоят из центрального лестнично-лифтового ядра жесткости с толщиной стен от 0,4 до 1 м, колонн размером от 1,4×1,4 до

1,35×1,8 м, соединенных между собой балками шириной от 0,25 до 0,8 м и высотой от 0,4 до 1,5 м, а также балочных перекрытий толщиной от 0,15 до 0,275 м. Каркасы высотных зданий опи-

1. Составы бетонных смесей с органоминеральными модификаторами типа МБ

| Марка бетонной смеси | Состав бетонных смесей, кг/м ³ | | | | | |
|----------------------------------|---|-----------|--------|---------|-----------|---------|
| | Ц | МБ | МП | П | Щ | В |
| БСТ В70 П5 (ПК = 60...70 см) | 440–460* | 80–90* | 80–100 | 800–820 | 820–840** | 160–165 |
| БСТ В75 П5 (ПК = 60...70 см) | 450–470* | 90–100* | 60–80 | 800–820 | 820–840** | 160–165 |
| БСТ В80 П5 (ПК = 60...70 см) | 460–480* | 100–120* | 50–70 | 790–810 | 820–840** | 155–160 |
| БСТ В85 П5 (ПК = 60...70 см) | 460–480* | 110–120** | 40–60 | 790–810 | 820–840** | 155–160 |
| БСТ В90 П5 (ПК = 60...70 см) | 480–490* | 110–120** | 40–60 | 770–790 | 820–840** | 150–155 |
| БСТ В100 П5 (ОК = 22...26 см) | 480–490** | 120–130** | 0–50 | 770–890 | 870–890* | 145–150 |

Примечания: 1. Ц – портландцемент ПЦ 500Д0Н* или ЦЕМ I-52,5*, или ПЦ 600-Д0Н**; МБ – органоминеральный модификатор бетона марок МБ10-50С*, МБ10-30С**; МП – минеральный порошок неактивированный марки МП-1; П – песок кварцевый с Мкр = 2,5...2,8; Щ – щебень гранитный фракции 5–20 мм*, 5–10 мм**; В – вода.

2. Во все составы также входит КЭ – кремнийорганическая эмульсия КЭ 30-04 50 %-ной концентрации в количестве 0,3–0,5 кг/м³.

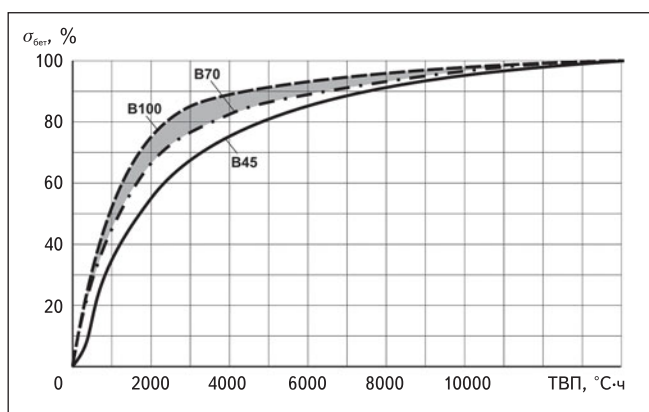


Рис. 2. Зависимость прочности от температурно-временного параметра (ТВП) выдерживания бетонов классов В70...В100 в сравнении с бетоном В45

2. Объем и результаты косвенного контроля качества бетона (первый уровень)

| Класс бетона | Объем бетонных смесей | | |
|--------------|--|--|---|
| | доставленных на площадку, м ³ | принятых и уложенных в конструкции, м ³ | неудовлетворяющих требованиям регламента, м ³ /% |
| В70 | 2 800 | 2 800 | 0 / 0 |
| В75 | 16 192 | 16 144 | 48 / 0,3 |
| В80 | 7 922 | 7 910 | 12 / 0,2 |
| В85 | 19 257 | 19 142 | 115 / 0,6 |
| В90 | 8 188 | 8 106 | 82 / 1 |
| В100 | 21 293 | 21 157 | 136 / 0,6 |
| ИТОГО: | 75 652 | 75 259 | 393 / 0,5 |

раются на плитные ростверки высотой 3 и 3,5 м, объемом 6,1 и 6,8 тыс. м³, выполненных из бетона класса В60 [6].

Указанные конструктивные особенности следует дополнить тем, что в основных несущих конструкциях использованы высокопрочные бетоны классов от В70 до В100 общим объемом более 75 тыс. м³. Общий вид башен и классы бетона вертикальных конструкций каркаса представлены на рис. 1.

Балочные перекрытия выполнялись из бетона класса В45, при этом зона их сопряжения с вертикальными конструкциями (колонны, стены) нижележащего этажа выполнялась из бетона того же класса по прочности на сжатие, что и вертикальные конструкции.

Конструкции каркаса возводила компания «Ант Япы Санайи Ве Тиджарет Аноним Ширкети» (Турция) с использованием высокопрочных бетонов из высокоподвижных и самоуплотняющихся бетонных смесей, приготовленных на основе органоминеральных модификаторов типа МБ.

Технология бетонных работ, в том числе составы бетонных смесей, методы их приготовления на заводах, приемки на стройплощадке, укладки в опалубку конструкций, режимы выдержива-

ния бетона и контроль качества, разработаны НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «ИИЦ «Строительство».

Остановимся на свойствах смесей, особенностях выдерживания конструкций и контроля качества бетонов. Составы бетонных смесей, приведены в табл. 1.

Составы бетонных смесей периодически уточнялись в диапазоне указанных дозировок компонентов для каждого бетонного завода с учетом типа и марки используемого цемента, гранулометрии заполнителей, данных об однородности бетона по прочности (коэффициент вариации) и погодных условий.

Введение в бетонную смесь кремнийорганической эмульсии КЭ 30-04 позволяло повысить сохраняемость подвижности бетонной смеси до 3–4 ч в условиях повышенной температуры окружающей среды.

Режимы выдерживания конструкций разработаны с учетом обеспечения температурно-временного параметра выдерживания (ТВП) — условного критерия, отражающего количество тепла, которое необходимо бетону конкретного состава для достижения требуемой прочности. При этом принимались во внимание такие факторы, как экзотермия бетона, модуль поверхности кон-

струкций, температура окружающей среды, а также подбирались методы ухода — использование метода «термоса» и/или принудительный электропрогрев нагревательными проводами. Это позволило обеспечить заданные темпы строительства — возведение одного этажа за 5–7 дней даже в зимний период.

Системный подход к выдерживанию бетона и уходу за конструкциями сооружения, в том числе при отрицательной температуре, с выделением четырех температурных зон по высоте сооружения, обеспечил оптимальную временную взаимосвязь между достижением бетоном распалубочной и проектной прочности и возможностью постепенного выравнивания температуры твердеющего бетона и наружного воздуха. Это, в свою очередь, позволило снизить количество термических трещин, связанных с экзотермией бетона и неравномерным разогревом-остыванием конструкций [3].

На основании фактических данных о температуре и прочности бетона в конструкциях установлена зависимость (рис. 2) между кинетикой твердения бетонов классов В70...В100 в сравнении с обычным бетоном класса В45 и их температурно-временным параметром (ТВП) выдерживания, выраженным в гра-

дусо-часах, который определяется по формуле

$$ТВП = \sum (t_i \times \tau_i),$$

где t_i — фактическая температура бетона в конструкции за определенный временной промежуток (по данным температурных листов), °С; τ_i — время твердения бетона в конструкции при определенной температуре (по данным температурных листов), ч.

Представленная на рис. 2 зависимость позволила оперативно проводить оценку прочности бетона в конструкциях по фактическим данным о температуре их твердения. Следует обратить внимание на то, что кинетика набора прочности (выраженная в % от требуемой прочности) в ранние периоды твердения при равных значениях ТВП у модифицированных бетонов классов В70...В100 выше, чем у обычного класса В45. Так, для высокопрочных бетонов при ТВП = 400...500 °С·ч (через 12–16 ч после бетонирования) прочность бетона составляла около 20 % (15–20 МПа), а при ТВП = 2000...3000 °С·ч (через 2–3 сут после бетонирования) на уровне 70–80 % от проектной, что позволило ускорить оборачиваемость опалубки и нагружение конструкций, тем самым повысив темпы строительства.

В связи с использованием высокопрочных бетонов разных классов в соответствии с ГОСТ 31914 ООО «Предприятие Мастер Бетон» совместно с ООО «Инвестпрофи», выполняющим функцию технического заказчика, была организована система контроля качества и приемки железобетонных конструкций, особенностью которой является трехуровневый контроль, позволяющий оценить свойства бетона, находящегося в разном агрегатном состоянии — от пластичных смесей до затвердевшего материала [4].

На первом уровне (косвенный контроль) контроль качества бе-

3. Обобщенные данные о прочности и однородности бетонов классов В70...В100 в партиях смесей и в конструкциях

| Класс бетона | Прочность бетона в партиях смесей, определенная по контрольным образцам | | | | Прочность бетона в конструкциях, определенная по кернам | | | |
|--------------|---|------------------|----------------|-----------|---|------------------|----------------|-----------|
| | л, шт. | ΔR , МПа | $R_{ср}$, МПа | V_n , % | Н, шт. | ΔR , МПа | $R_{ср}$, МПа | V_k , % |
| В70 | 36 | 80,7-102,1 | 92,2 | 6,2 | 15 | 85,3-97,5 | 89 | 5,9 |
| В75 | 254 | 83,5-110,9 | 98,7 | 6,3 | 19 | 78,8-100,4 | 93,4 | 5,8 |
| В80 | 120 | 89,3-112,7 | 102,8 | 5 | 16 | 89,0-110 | 97,9 | 4,8 |
| В85 | 329 | 88,2-115 | 105,7 | 4,5 | 38 | 85,1-112,8 | 98,1 | 4,9 |
| В90 | 236 | 98,7-120,1 | 112,8 | 4 | 18 | 93,8-117,6 | 111,5 | 5,8 |
| В100 | 298 | 107,2-129 | 119,3 | 4,8 | 39 | 100,7-136,4 | 116,3 | 4,3 |

Примечание: л — количество партий бетонных смесей; Н — количество кернов, отобранных из конструкций; ΔR — диапазон прочности бетона; $R_{ср}$ — средняя прочность бетона; V_n , V_k — фактические коэффициенты вариации прочности бетона в партиях смесей и в конструкциях.

4. Объем и результаты оценки качества бетона на втором уровне системы контроля в возрасте 56 сут

| Класс бетона | Объем бетонных смесей, уложенных в конструкции, м ³ | Количество партий бетонных смесей | |
|--------------|--|-----------------------------------|---|
| | | всего, шт. | не обеспечивающих требуемую прочность бетона, шт./% |
| В70 | 2 800 | 36 | 0/0 |
| В75 | 16 144 | 254 | 2/0,8 |
| В80 | 7 910 | 120 | 1/0,8 |
| В85 | 19 142 | 329 | 18/5,5 |
| В90 | 8 106 | 236 | 4/1,7 |
| В100 | 21 157 | 298 | 11/3,7 |
| Итого: | 75 259 | 1 273 | 36/2,8 |

тонов проводился по технологическим характеристикам бетонных смесей: состав, подвижность, средняя плотность, расслоение и температура. Объем и результаты оценки качества бетона на этом уровне приведены в табл. 2.

Организация входного контроля, когда по технологическим характеристикам смесей, косвенно, оценивалось качество бетонов, позволила предотвратить возведение около 50 некачественных конструкций путем предварительной отбраковки 393 м³ смесей (0,5 % общего объема), доставленных на стройплощадку, и оперативно управлять качеством высокопрочных бетонов за

счет корректировки их состава с учетом используемых на данный момент материалов и погодных условий.

На втором уровне (общий контроль) контролировались технологические параметры производства бетонных работ и выдерживания конструкций: укладка и уплотнение смесей, температура твердения бетона, а также определялась прочность бетона в группах конструкций по контрольным образцам, изготовленным на строительной площадке.

Обоснованность общего контроля качества бетона на данном уровне подтверждена установленной зависимостью (см. рис. 3) прочности бетона в партиях

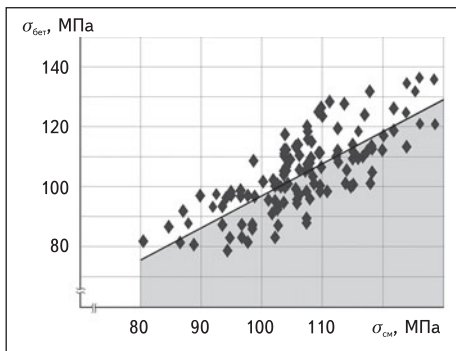


Рис. 3. Зависимость прочности бетона классов В70...В100 в конструкциях $\sigma_{бет}$ от прочности бетона в партиях бетонных смесей $\sigma_{см}$

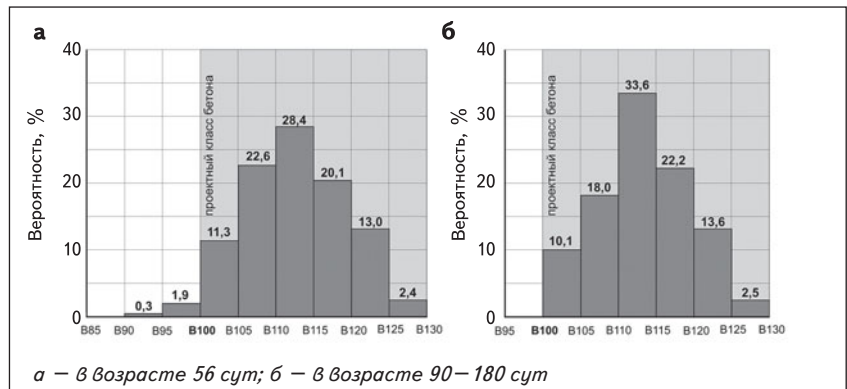


Рис. 4. Фактический класс бетона в 698 конструкциях по данным неразрушающего контроля (проектный класс бетона В100)

смесей, определенной по контрольным образцам-кубам по ГОСТ 10180 и ГОСТ 31914 с прочностью бетона в конструкциях, определенной по 145 кернам (435 образцам-цилиндрам) по ГОСТ 28570 и ГОСТ 31914.

Обобщенные данные о прочности и однородности высокопрочных бетонов проектных классов В70...В100 в партиях смесей и в конструкциях представлены в табл. 3.

Критерием оценки качества бетона в группе конструкций являлась требуемая прочность бетона в партиях смесей в возрасте 56 сут, который принят за проектный. Величина требуемой прочности рассчитывалась по ГОСТ 18105 с учетом фактических коэффициентов вариации прочности бетона, но принималась по ГОСТ 31914 с коэффициентом требуемой прочности не менее 1,14, соответствующим коэффициенту вариации 10 %.

Следует отметить, что фактический коэффициент вариации высокопрочных бетонов как в партиях смесей, так и в конструкциях снижается по мере повышения класса бетона и находится в узком диапазоне от 6,3 до 4 %.

Поэтому завышенное значение требуемой прочности в партиях смесей учитывало разницу (см. рис. 3) между прочностью бетона контрольных образцов, твер-

5. Объем и результаты оценки качества бетона на третьем уровне системы контроля в проектном возрасте 56 сут

| Класс бетона | Количество конструкций, шт | Прочность бетона в конструкциях, МПа | | Количество конструкций, имеющих фактический класс ниже проектного, шт / % |
|--------------|----------------------------|--------------------------------------|------------------|---|
| | | диапазон | среднее значение | |
| В70 | 70 | 80,1-98,7 | 86,9 | 0 / 0 |
| В75 | 477 | 78,2-102,4 | 93 | 1 / 0,2 |
| В80 | 275 | 87,1-107 | 97,1 | 0 / 0 |
| В85 | 853 | 82,7-115,6 | 99,4 | 21 / 2,5 |
| В90 | 277 | 94,1-130,3 | 110,5 | 5 / 1,8 |
| В100 | 698 | 101,3-134,7 | 117,6 | 15 / 2,2 |
| Итого: | 2650 | | | 42 / 1,6 |

деющих при нормальных температурно-влажностных условиях, и фактической прочностью бетона в конструкциях, на которую влияют технологические параметры их возведения — степень уплотнения смеси и температура выдерживания. Объем и результаты оценки качества бетона на втором (общем) уровне системы контроля приведены в табл. 4.

Общий контроль качества бетона по прочности партий смесей позволил выделить 36 групп или захваток конструкций, требующих детального обследования путем испытаний комплексом разрушающих (по кернам) и неразрушающих методов. На бетонирование выделенных конструкций ушло 2,8 % общего количества доставленных на строительную площадку партий бетонных смесей.

Мониторинг условий твердения высокопрочных бетонов показал, что несмотря на связанную с экзотермией достаточно высокую максимальную температуру бетона в конструкциях, которая достигала 60...70 °С (что характерно для твердения конструкций из высокопрочного бетона), общее значение температурно-временного параметра твердения бетона в зимний период иногда составляло 7000...10000 °С·ч и не соответствовало требуемому значению 13 500 °С·ч (см. рис. 2). Это послужило основанием для проведения дополнительного контроля прочности бетона в конструкциях в более позднем возрасте — 90—180 сут.

На третьем уровне (прямой контроль) определяли прочность бетона в каждой конструкции механическим методом неразру-

шающего контроля (метод ударного импульса) по ГОСТ 22690 с его предварительной привязкой к фактической прочности бетона, определенной по кернам, что позволило оценить соответствие фактического класса бетона требованиям проекта с учетом достигнутой однородности бетона по прочности.

При этом прочность бетона в конструкциях, изготовленных из партий смесей с прочностью ниже требуемой, в обязательном порядке контролировалась по образцам-кернам по ГОСТ 28570 и ГОСТ 31914. Результаты определения прочности бетона по образцам-кернам и однородность бетона по прочности в конструкциях, выраженная фактическими коэффициентами вариации, представлены в *табл. 3*.

Объем и результаты оценки качества бетона на третьем (прямом) уровне системы контроля в проектном возрасте 56 сут приведены в *табл. 5*.

Данные о прочности бетона в каждой возведенной конструкции, полученные комплексом разрушающих и неразрушающих методов, в целом соответствуют результатам контроля на общем уровне и выявили 42 конструкции (1,6 % общего количества), фактический класс бетона которых в возрасте 56 сут составляет 90–98 % от требований проекта.

Дополнительный контроль прочности и оценка фактического класса бетона в возрасте 90–180 сут показали, что высокопрочные бетоны имеют значительный потенциал для набора прочности при длительном твердении: в частности, в период от 56 до 180 сут прирост прочности составил 10–15 %. Данные о фактических классах бетона в 698 конструкциях с проектным классом В100 в возрасте 56 и 90–180 сут, а также их вероятностная оценка представлены на *рис. 4*. Из представленных данных видно, что прочность бетона

всех возведенных железобетонных конструкций многофункционального комплекса «ОКО» в возрасте 180 сут соответствует требованиям проекта.

Выводы

1. Технология возведения конструкций каркасов высотных зданий из высокопрочных бетонов классов В70...В100 на основе органоминеральных модификаторов типа МБ позволила обеспечить заданную стабильную скорость возведения сооружения и высокое качество строительства как в летний, так и в зимний период.

2. Система контроля качества высокопрочных бетонов по ГОСТ 31914, реализованная на объекте строительства, дает не только объективную информацию о его прочности, но и позволяет предотвратить брак и управлять качеством бетона при возведении уникальных конструкций и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. De Larrard F., Bostvironnois J.-L. On the long-term strength losses of silica-fume high-strength concrete [О снижении прочности высокопрочного бетона с микрокремнеземом] // Magazine of Concrete Research. 1991. Vol. 43. No. 155. Pp. 109–119.
2. Коревицкая М. Г., Тухтаев Б. Х., Иванов С. И. Применение неразрушающих методов при контроле прочности высокопрочного бетона // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 1. С. 33.
3. Шейнфельд А. В., Тарычев А. В., Каприелов С. С. Особенности возведения и выдерживания конструкций высотных зданий из высокопрочных бетонов классов В60–В100 в зимний период // Высотные здания. 2013. № 3. 2013. С. 104–109.
4. Каприелов С. С., Шейнфельд А. В., Киселева Ю. А. Особенности системы контроля качества высокопрочных бетонов // Строительные материалы. 2012. № 2. С. 63–67.
5. Шейнфельд А. В., Киселева Ю. А., Путьрская Л. В. Контроль качества высокопрочных бетонов классов В60 и В90 при возведении монолитных конструкций // Строительные материалы. 2012. № 1. С. 7–10.
6. Каприелов С. С., Шейнфельд А. В., Аль-Омаис Д., Зайцев А. С. Высокопрочные бетоны в конструкции фундаментов высотного комплекса «ОКО» в ММДЦ «Москва-Сити» // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 3. С. 53–57.

REFERENCES

1. De Larrard F., Bostvironnois J.-L. On the long-term strength losses of silica-fume high-strength concrete. Magazine of Concrete Research, 1991, vol. 43, no. 155, pp. 109–119.
2. Korevitskaya M. G., Tukhtaev B. Kh., Ivanov S. I. The use of non-destructive methods for control of strength of high-strength concrete. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo, 2013, no. 1, pp. 53–54. (In Russian).
3. Sheynfel'd A. V., Tarychev A. V., Kaprielov S. S. Features of construction and maintaining of structures of high-rise buildings of high-strength concrete class В60–В100 in the winter. Vysotnye zdaniya, 2013, no. 3, 2013, pp. 104–109. (In Russian).

4. Kapriellov S. S., Sheynfel'd A. V., Kiseleva Yu. A. Features of a quality control system high-strength concrete. *Stroitel'nye materialy*, 2012, no. 2, pp. 63–67. (In Russian).
5. Sheynfel'd A. V., Kiseleva Yu. A., Putyrskaya L. V. Quality control of high strength concrete class B60 and B90 in the construction of monolithic structures. *Stroitel'nye materialy*, 2012, no. 1, pp. 7–10. (In Russian).
6. Kapriellov S. S., Sheynfel'd A. V., Al'-Omais D., Zaitsev A. S. High-strength concretes in constructions of foundations of the high-rise complex «OKO» in MIBS «Moscow-City». *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2017, no. 3, pp. 53–57. (In Russian).

Для цитирования: Каприелов С. С., Шейнфельд А. В., Аль-Омаис Д., Зайцев А. С. Опыт производства и контроля качества высокопрочных бетонов на строительстве высотного комплекса «ОКО» в ММДЦ «Москва-Сити» // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 1. С. 18–24.

For citation: Kapriellov S. S., Sheynfeld A. V., Al-Omais D., Zaitsev A. S. Experience in Production and Quality Control of High-Strength Concrete Used in Construction of High-Rise Complex “OKO” in MIBS “Moscow-City”. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2018, no. 1, pp. 18–24. ■