

Бетонирование нижней плиты коробчатого фундамента башни комплекса «ЛАХТА ЦЕНТР»



Здание «Башня» многофункционального комплекса «Лакта центр» имеет высоту 462 м и состоит из 86 надземных и 3 подземных этажей. Подземные этажи в плане имеют форму равностороннего пятиугольника с длиной каждой стороны 57,25 м. Конструкция подземных этажей здания образует коробчатый фундамент, состоящий из нижней плиты толщиной 3,6 м, верхней плиты толщиной 2,0 м, центрального ядра жесткости диаметром 28,5 м и 10 вертикальных диафрагм жесткости общей высотой 16,6 м. Особенностью конструктивной схемы здания «Башня» является наличие круглого центрального ядра жесткости, воспринимающего большую часть вертикальной нагрузки (порядка 70% от всех вертикальных нагрузок на здание). В результате большая доля веса здания передается на небольшой участок фундамента в пределах центрального ядра. Коробчатый фундамент опирается через бетонную подготовку на свайное основание из 264 свай диаметром 2 м, длиной 55 и 65 м и выполняет функцию равномерного распределения нагрузки с ядра башни на свайное основание.

Текст: **ВЛАДИМИР ТРАВУШ**, главный конструктор ЗАО «ГОРПРОЕКТ»,
АЛЕКСЕЙ ШАХВОРОСТОВ, генеральный директор инженерного бюро «ИНФОРСПРОЕКТ»



Проведенные расчеты здания показали, что нижняя плита коробчатого фундамента испытывает большие растягивающие усилия: осевое растяжение 2300 т/м и изгибающий момент 2150 т/м. Общий объем бетона на коробчатый фундамент – около 46 тыс. м³.

Исходя из технологических соображений по очередности его возведения, вся конструкция условно разделена на три части:

- первая очередь – нижняя монолитная железобетонная плита объемом около 20,3 тыс. м³;

- вторая очередь – средняя часть фундамента объемом около 15,5 тыс. м³, включающая монолитные конструкции железобетонных стен из бетона класса по прочности на сжатие В80 и железобетонного перекрытия толщиной 0,40 м из бетона класса по прочности на сжатие В60;

- третья очередь – верхняя монолитная железобетонная плита толщиной 2,0 м и объемом около 10,5 тыс. м³ из бетона класса по прочности на сжатие В80.

Нижняя монолитная пятиугольная железобетонная плита коробчатого фундамента опирается на железобетонную подготовку на отметке –21,250 м, верх плиты на отметке –17,650 м. Схема плиты показана на рис. 2. Плита запроектирована из бетона класса по прочности на сжа-

тие В60; марки по водонепроницаемости W8 и марки по морозостойкости F150.

Армирование нижней фундаментной плиты осуществляется рабочей арматурой класса А500С диаметром 32 мм. Арматурный каркас состоит из 15 горизонтальных сеток с шагом стержней 150 мм, равномерно распределенных по высоте конструкции плиты. Расстояние между горизонтальными сетками по высоте составляет от 200 до 300 мм. Защитный слой бетона – 68 мм. В защитном слое бетона на расстоянии 25 мм от поверхности плиты устанавливается противоусадочная сетка С-1 5Вр-1 с ячейкой 100×100 мм.

Схема армирования фрагмента плиты приведена на рис. 3.

Для бетонирования плиты был разработан специальный регламент, согласно которому бетонирование фундаментной плиты должно осуществляться непрерывно на всю высоту конструкции с равномерной укладкой смеси по всей площади от основания плиты кверху с перемещением фронта укладки смеси по вертикали.

В целях уменьшения экзотермии бетона класса В60 предусматривалось, что бетонные смеси должны обладать низким энергетическим потенциалом и иметь расход портландцемента не выше 360 кг/м³ в пересчете на клинкер с содержанием трехамина в количестве не

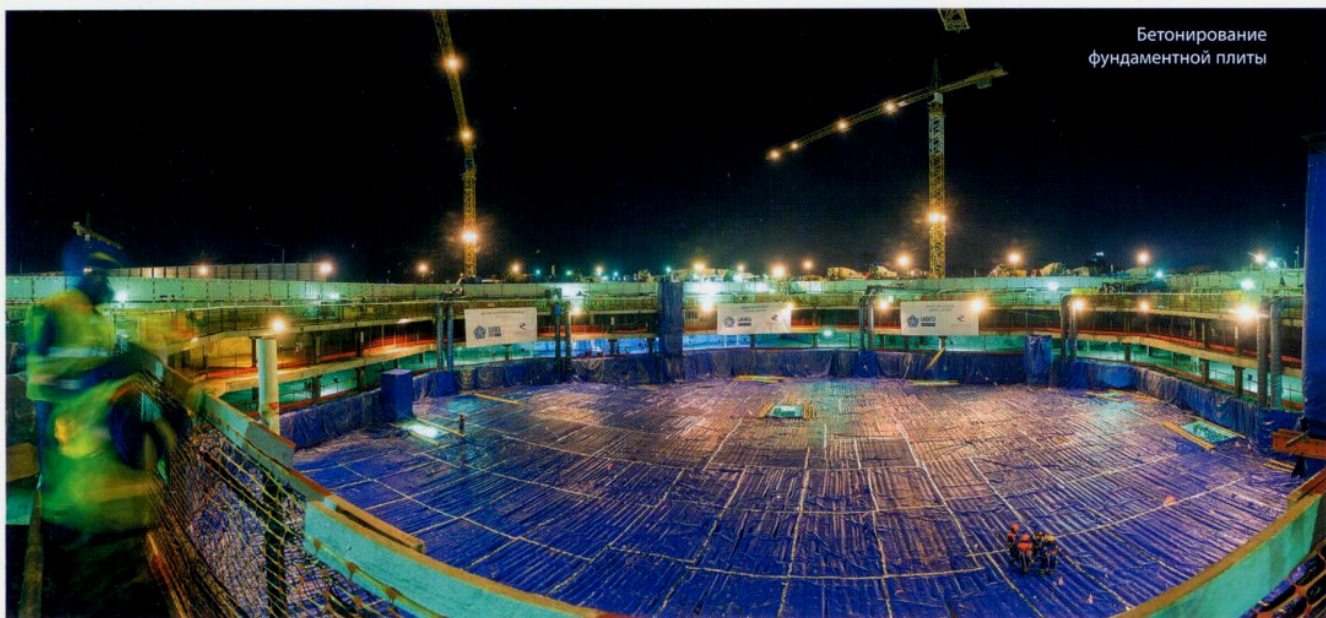
более 8%, бетонные смеси, доставленные на стройплощадку, должны иметь температуру в диапазоне +5...+15 °С. Бетонирование густоармированной конструкции нижней фундаментной плиты осуществлялось с использованием самоуплотняющейся бетонной смеси с подвижностью в диапазоне от 60 до 65 см. Особое внимание было уделено температурному режиму при наборе прочности бетонной смеси. Бетон должен обладать минимальной экзотермией и замедленной в раннем возрасте кинетикой твердения в нормальных температурно-влажностных условиях. При этом требуемая прочность бетона на сжатие в возрасте не менее 1 суток – 0 МПа, в возрасте не менее 3 суток – 15 МПа, в возрасте не менее 7 суток – 40 МПа, в возрасте не менее 28 суток – 65 МПа. Выдерживание бетона в конструкции осуществлялось в условиях, предотвращающих термическую усадку с обеспечением скорости остывания бетона в ядре плиты не более 2,0–3,0 °С в сутки и перепадом температур между зонами, имеющими общую границу по высоте плиты не более 20 °С.

Приготовление бетонной смеси осуществлялось по стандартной технологической схеме с учетом требований ГОСТ 7473-2010 по точности дозирования материалов и особенности, связанной с порядком загрузки и перемешивания основных компонентов смеси и порош-

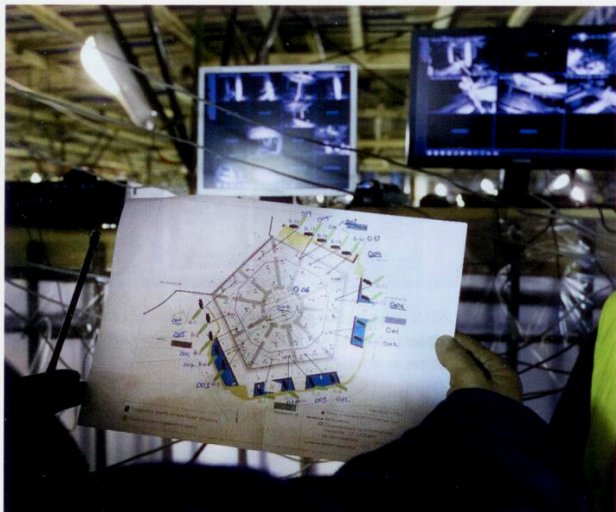


27 марта 2015 года судья Книги рекордов Гиннеса вручил руководителям АО МФК «Лакhta центр» сертификат об установлении нового рекорда непрерывного бетонирования, который был установлен при заливке нижней плиты фундамента высотного здания комплекса «Лакhta центр», продолжавшейся с 20 часов 27 февраля до 21 часа 1 марта 2015 года. За 49 часов в основание уложено 19 624 кубических метра бетонной смеси, что более чем на три тысячи кубометров превосходит зарегистрированный в Книге Гиннеса мировой рекорд.

«Лакhta центр»,
визуализация



Бетонирование
фундаментной плиты



Контроль температурного режима при помощи автоматизированной системы



Увлажнение забетонированного участка

кообразных добавок, и производилось в две стадии: стадия дозирования, загрузки и перемешивания компонентов в стационарном смесителе бетонного завода; стадия перемешивания в автобетоносмесителе в процессе транспортировки смесей до стройплощадки.

В целях защиты от атмосферных осадков и обеспечения регламентированных требований к температурному режиму выдерживания бетона, а также для комфортной организации работ над всем фронтом бетонирования конструкции плиты был смонтирован защитный шатер (см. рис. 4), под которым обеспечивался требуемый температурный режим прогрева воздуха.

Для управления температурным режимом использовались теплогенераторы с регулируемой мощностью. Контроль температурного режима твердения бетона в нижней фундаментной плите производился при помощи автоматизирован-

ной системы, разработанной на основе использования датчиков температуры, которые устанавливались в разных зонах бетонированной плиты: в ядре и на периферии конструкции на трех высотных отметках, а также в верхней зоне плиты на участках, где располагаются стены коробчатого фундамента.

Общая схема и количество участков установки датчиков температуры в нижней плите коробчатого фундамента представлены на рис. 5. В точках 1, 4, 7, 10, 13, 14, 22, 31 устанавливаются контрольные трубки по Узлу «А». Контрольные трубки, предназначенные для периодической проверки показаний датчиков, устанавливаются на расстоянии 15–200 мм от датчиков температуры.

За сутки до начала бетонирования конструкции днище плиты и арматурные каркасы прогреваются до температуры +3...+5 °С.

Температура бетонной смеси, укладываемой в конструкцию, не должна отличаться от температуры арматурного каркаса, днища и стен ограждения по периметру плиты более чем на 12 °С и находиться в диапазоне +5...+15 °С.

Подача бетонной смеси в конструкцию осуществлялась с применением 18 бетононасосов (рис. 6, 7, 8). С целью предотвращения расслоения смеси использовались бетонолитные трубы внутренним диаметром 125 мм. Максимальная высота свободного сбрасывания бетонной смеси при укладке в нижний ярус плиты не превышала 1,0 м, а при укладке в средний и верхний ярусы – 1,3 м. Трубы устанавливались из расчета по три штуки на каждый бетононасос в соответствии со схемой, представленной на рис. 6.

После прокачки цементного раствора перед подачей бетонной смеси в конструкцию производилась прокачка

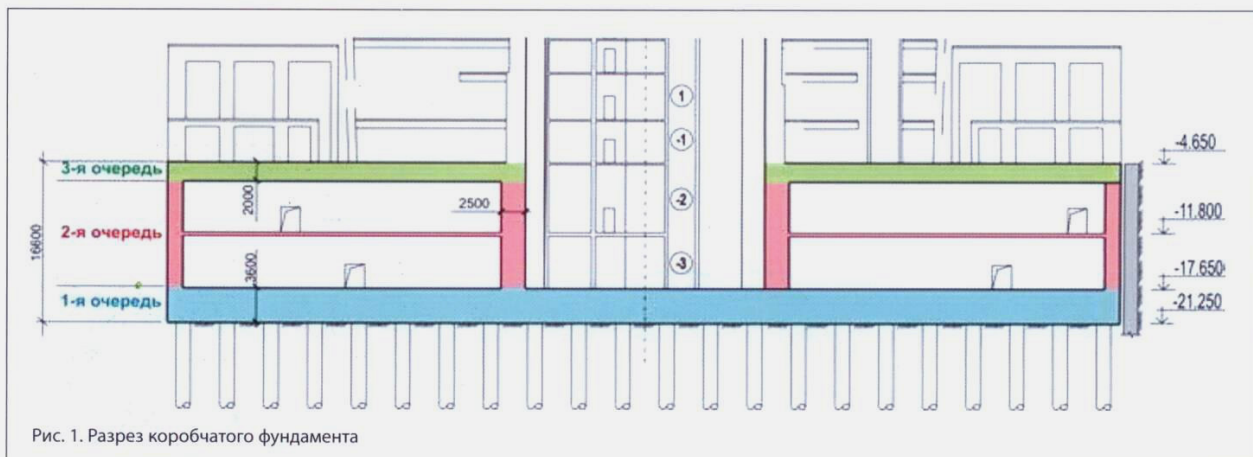


Рис. 1. Разрез коробчатого фундамента

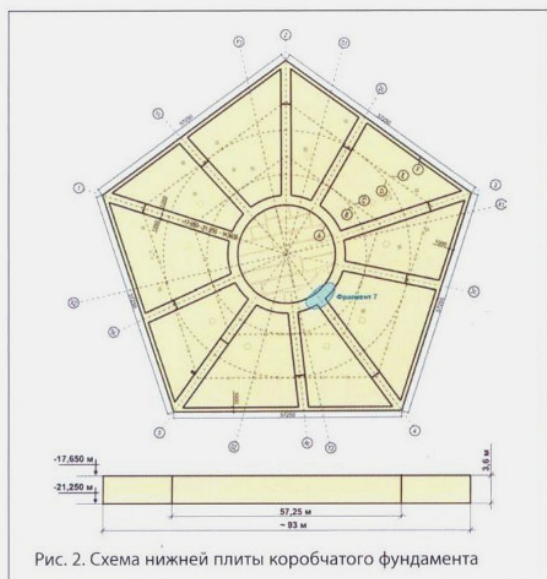


Рис. 2. Схема нижней плиты коробчатого фундамента

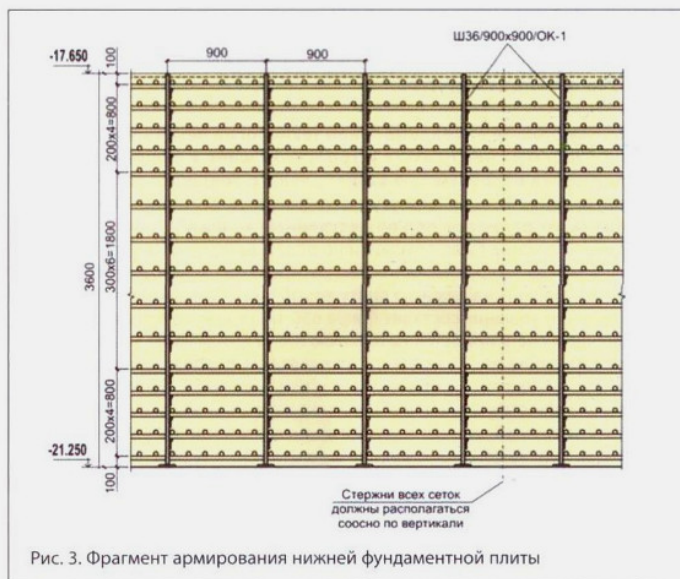


Рис. 3. Фрагмент армирования нижней фундаментной плиты

небольшой порции (около 0,1 м³) поступившей на строительную площадку бетонной смеси, которая сбрасывалась затем в специальную емкость или отвал. Перекачивание смеси начиналось после поступления к каждому автобетононасосу не менее двух-трех автобетоносмесителей. Перерывы в подаче бетонной смеси каждым бетононасосом не должны превышать 1,0 часа.

В случае более длительного перерыва в поставке бетона снижался темп перекачивания смеси для обеспечения постоянного ее наличия в приемном бункере бетононасоса и бетоноводе до прибытия следующего автобетоносмесителя. Лабораторный пост контроля качества бетонной смеси организован непосредственно при въезде на строительную площадку.

На разгрузку к бетононасосам автобетоносмесители поступали только после проверки качества бетонной смеси на пробах, отобранных из автобетоносмесителей, и разрешения лабораторной службы.

Подача бетонной смеси в зоны укладки, указанные на рис. 6, осуществлялась одновременно всеми бетононасосами в расчете на равномерное распределение смеси по всей площади плиты (рис. 9). При этом для обеспечения растекания смеси от центра к периферии конструкции скорость укладки бетона в центральную зону плиты (зона ядра) была выше, чем в периферийные зоны.

От каждого из стальных бетонопроводов через гибкое звено смесь последовательно порционно подавалась к бето-



нолитным трубам (рис. 9). Объем порции подаваемой на каждую бетонолитную трубу – 24...32 м³. После укладки каждой порции подача смеси осуществлялась в следующую бетонолитную трубу.

Расчетный диаметр растекания бетонной смеси с РК = 60–65 см от

каждой бетонолитной трубы – около 12–13 м, ориентировочная площадь распространения смеси – 130–133 м². Ориентировочная скорость подъема слоя уложенного самоуплотнившегося бетона – 7,0...7,5 см/час.

При использовании самоуплотняющейся бетонной смеси ее уплотнение при

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ И ДОПУСТИМЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ

Характеристика	Норма	Допустимые отклонения
Расплыв конуса через 5 мин (см)	60–65	0
Средняя плотность (кг/м ³)	2380	±30
Температура (°C)	+5...+15	0
Водоотделение (%)	0,3	+ 0,1
Сохраняемость через 2 часа (см)	57–65	0

**А. А. БОБКОВ, ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР
АО «МОК «ЛАХТА ЦЕНТР»**

Почему отошли от традиционной технологии бетонирования фундаментной плиты с устройством швов и решили произвести непрерывную заливку такого большого количества бетона? Есть ли аналоги непрерывного бетонирования плит таких размеров под общественные здания?

Данное решение было обусловлено рядом причин, но в первую очередь – неравномерностью распределения нагрузки от здания «Башни» на нижнюю плиту коробчатого фундамента. Общий вес «Башни» составит более 650 тыс. тонн, и весь он в конечном счете придется на нижнюю плиту фундамента и свайное основание под «Башней», распределяясь посредством ядра и радиальных стен внутри коробчатого фундамента. Наличие технологических швов в нижней плите могло привести в будущем к трещинам, ремонт которых произвести было бы невозможно. Надежность конструкции и ее целостность при любом строительстве – всегда самые главные факторы. В высотном строительстве особенно. Поэтому нами было принято решение, предложенное ЗАО «ГОРПРОЕКТ» и главным конструктором, академиком, д. т. н. В. И. Травушем.

Аналоги сопоставимых объемов непрерывного бетонирования фундаментных конструкций в мире, конечно, есть. Тем не менее зарегистрированный рекорд непрерывного бетонирования конструкции фундаментной плиты в Книге рекордов Гиннесса – 16 300 куб. м бетонной конструкции (отель «Венеция», Las Vegas, США), что менее нашего объема на 3324 куб. м. Теперь установлен новый мировой рекорд – 19 624 м³ непрерывного бетонирования.

Стоит отметить, что сам процесс заливки бетонной конструкции в нашем случае значительно сложнее: работы выполнялись не на поверхности земли, а в котловане глубиной –17,500 м, ограниченном траншейной стеной, под закрытым тентом при температуре наружного воздуха ночью до –11 °С. Было непросто, скажем прямо. К окончанию бетонирования температура под тентом уже достигала +22 градуса.

Как удалось синхронизировать работу 13 заводов и осуществлять контроль качества бетона на производствах?

Эту задачу успешно решил генподрядчик. За неделю до начала бетонирования был разработан и утвержден с заказчиком подробный график поставки бетонной смеси с указанием ожидаемых объемов в час каждого из задействованных заводов. За 10 дней до начала заливки утвержденный номинальный состав смеси был испытан на всех без исключения заводах для отработки дозирования и обеспечения жестких параметров входного контроля бетона при въезде на площадку. И даже при этом были миксеры, не прошедшие входной контроль в лабораториях на стройке. После изготовления смеси на заводе отбиралась проба и измерялись параметры смеси перед отправкой миксера. Далее они сообщались вместе с номером машины группе логистики для передачи в лаборатории вход-



ного контроля на площадке. Руководитель отдела логистики подрядчика контролировал весь путь от завода до площадки каждого миксера со смесью и имел точные данные о номерах выехавших машин и их местоположении. Была проделана большая работа.

Насколько далеко от строительной площадки находились заводы, и каким было их максимальное удаление?

Бетонные заводы, привлеченные к поставке смеси в конструкцию нижней плиты, расположены на границе Санкт-Петербурга в примыкании к кольцевой автодороге, что позволило исключить фактор пробок внутри городской черты. Два завода размещены на территории строительной площадки. Самый удаленный завод – «Бетомикс – Софийская» – находится на расстоянии 91 км от площадки строительства.

Как удалось организовать равномерную доставку бетона на площадку в течение 49 часов, и потребовалась ли для этого помощь городских властей?

Сложный и не имеющий аналогов процесс удалось организовать своими силами и с помощью подрядчиков, не прибегая к помощи властей. Логистические решения были заранее тщательно просчитаны и смоделированы. Максимальный трафик миксеров был отнесен на выходные дни и ночное время. Заводы для поставки выбирались в том числе с учетом географии, чтобы путь до площадки проходил по кольцевой автодороге, за пределами города. Четкая организация движения на подъезде к площадке и по территории была достигнута с помощью тридцати регулировщиков из подрядных организаций. Таким образом, благодаря слаженной и четкой работе всех участников процесса удалось провести сложнейшую операцию без сбоев, ограничения движения на подъездах и, главное, – без задержек в поставке бетона.

укладке в конструкцию происходило под действием силы тяжести без принудительного вибровоздействия.

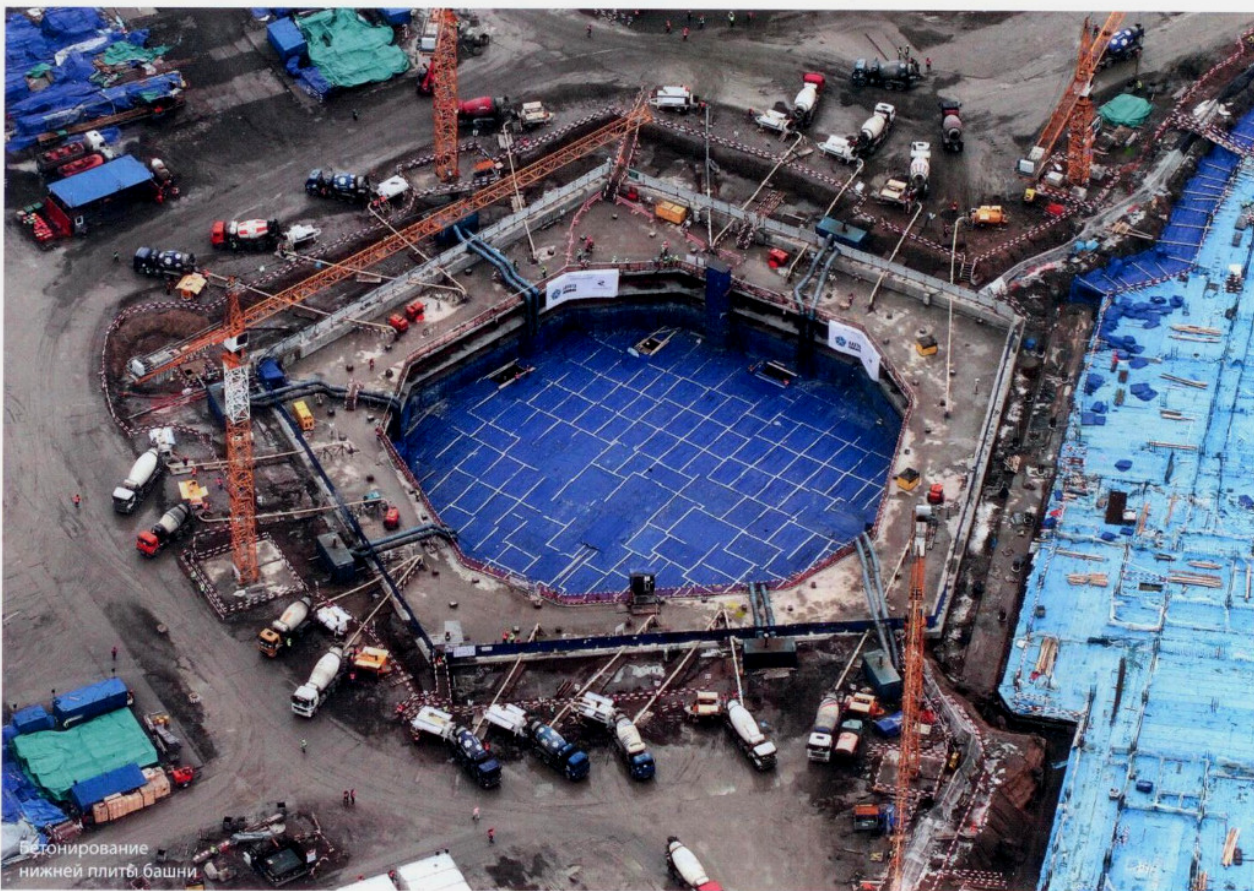
Открытая поверхность плиты в пространстве между выпусками для стен заглаживается, и после заглаживания для устройства «паровлагонепроницаемого покрытия с целью предотвращения усадки бетона от обезвоживания на поверхности конструкции с помощью распылителей наносилась водно-дисперсная пленкообразующая эмульсия, теплоизолирующее покрытие типа «Этафом», а

затем был уложен рулонный полиэтилен. Указанное паровлагонепроницаемое покрытие устраивается в течение 1–4 часов после заглаживания открытой поверхности плиты. Кроме того, не допуская высыхания влагоудерживающего материала, через 2–3 часа забетонированные участки поливались водой с температурой +10...+25 °С.

С помощью теплоизолирующего покрытия достигается скорость остывания бетона в ядре конструкции не более 2–3 °С в сутки; а также перепад темпера-

тур между смежными зонами по высоте плиты не более 20 °С.

Срок безопасного снятия тепляка при сохранении теплоизоляции при температуре наружного воздуха до –10 °С составляет не менее 6 суток после укладки. При понижении температуры воздуха ниже –10 °С этот срок должен быть увеличен до 7–11 суток. До снятия тента необходимо обеспечить теплозащиту холодных выпусков арматуры путем закрытия их сверху 3 слоями «Этафома», либо одним слоем «Этафома» и наде-



Бетонирование нижней плиты башни

ванием на выпуски теплоизолирующих чехлов типа «Вилатерм». После снятия тента устанавливаются леса для монтажа арматурных каркасов стен, по которым устраивается укрытие в виде тента. Воздух внутри тента прогревается до перепада температур между поверхностью бетона и воздухом не более 17 °С. После этого с выпусков арматуры снимается их укрытие.

Контроль качества бетонной смеси для определения требуемых характеристик производился на заводе после перемешивания загруженной в него смеси в течение не менее 5 мин. На пробе, отобранной из первого автобетоносмесителя в каждую смену (12 часов), определяются расплыв конуса, средняя плотность, температура и уточняется состав бетона по распечаткам фактически отдозированных материалов. На пробах, отобранных из последующих четырех автобетоносмесителей, определяются расплыв конуса, средняя плотность и температура. При стабилизации указанных параметров на заданном уровне в дальнейшем на пробах из каждого автобетоносмесителя контролируется только подвиж-



Теплоизолирующее покрытие регулирует скорость остывания бетона

ность, а температура смеси контролируется из каждого десятого автобетоносмесителя. Сохраняемость подвижности и сегрегационная устойчивость оценивается при оптимизации бетонной смеси до начала ее поставки.

Признаки расслоения и водоотделения определяются лаборантом сначала

визуально по пробе смеси, отобранной для измерения расплыва конуса. В случае явных признаков расслоения, смесь должна быть проверена по параметру «водоотделение» согласно ГОСТ 10181-2000.

Контроль качества бетонной смеси на стройплощадке производится для определения соответствия доставленной на

**Е. В. МОРОЗОВА, ДИРЕКТОР
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
АО «МФК «ЛАХТА ЦЕНТР»**



Как осуществлялся контроль качества сухих составляющих бетонной смеси и необходимых добавок на разных заводах?

Входной контроль качества и характеристик инертных материалов (щебень, песок, цемент, шлак) проводился фактически в три этапа: входной контроль бетонных заводов (с составлением актов входного контроля при доставке и проверке материалов на заводы); затем представители генподрядчика осуществляли инспекцию и выборочный отбор проб образцов материалов с передачей в согласованную заказчиком лабораторию; затем технолог – разработчик номинального состава смеси проводил проверку на всех 13 заводах. Последним этапом проверки характеристик смешиваемых материалов был технолог – разработчик технологии укладки бетона и технолог каждого завода-изготовителя при смешивании путем корректировки содержания воды в зависимости от влажности песка.

Каков состав бетона, и как контролировалось его соблюдение на различных заводах?

Рецепт бетонной смеси содержал определенную пропорцию цемента, песка, щебня фракции 5–10 мм, жидкой добавки-пластификатора, шлака в качестве заполнителя, воду и замедлитель химической реакции в бетоне. Не секрет, что при такой массе бетонной смеси есть два необходимых фактора для обеспечения однородности и прочности конструкции – замедление разогрева ядра смеси, а также продолжительность жизни бетона с сохранением характеристик подвижности во избежание схватывания поверхности смеси и образования холодных швов. Контроль дозирования осуществлялся автоматически дозаторами на заводах (человеческий фактор был исключен полностью после определения характеристик компонентов при входном контроле).

Как контролируется бетон в миксерах перед укладкой в конструкцию?

При въезде на строительную площадку миксер сразу направлялся на лабораторный пост входного контроля, где сдавал пробы бетонной смеси на анализ входных параметров (температура смеси, воздухововлечение, расплыв конуса или подвижность бетона, плотность смеси). При соответствии параметров товарного бетона критериям технологического регламента бетонирования миксер направлялся на специальную площадку, откуда регулировщик направлял его к освободившемуся бетонному насосу.

По какому графику работали бетононасосы?

Бетононасосы работали непрерывно весь период бетонирования, поскольку остановка насоса может привести к засорению трубы остатками бетона и придется прочищать всю систему подачи, что в условиях непрерывного бетонирования мы позволить себе не могли. На случай непредвиденных поломок на площадке было пять комплектов оборудования для немедленной замены.

Какова мощность бетононасосов и как она может изменяться?

Вопрос немного неверно сформулирован, поскольку главная миссия насоса – прокачать смесь, поступившую в бункер. А здесь определяющим является нагнетаемое давление. Средняя скорость прокачки бетона при давлении в 150 МПа нашей марки В60W12F150 составляла 27 куб. м/час, но мы с подрядчиком ее регулировали в диапазоне 180–200 МПа для достижения скорости бетонирования в среднем в 450 куб. м/час для 18 насосов. Поставки позволяли это делать. В целом по заливке нижней плиты средняя скорость бетонирования составила 446 куб. м бетона в час. Многие не верили, что у нас это получится.

Какова подвижность бетонной смеси, и приходилось ли применять вибраторы?

Смесь В60 – тяжелая сама по себе, а при необходимости бетонировать непрерывно была использована самоуплотняющаяся бетонная смесь. Такой тип бетона очень чувствителен к вибрации и может дать расслоение. Вибраторы использовались локально для побуждения, некоторые участки мы при осмотре конструкции выявляли как начинающие «схватываться», тогда использовались вибраторы для оживления бетона, но не более 10–20 секунд на точку вибрирования. Больше просто было опасно.

Как по времени менялась подача бетона в конструкцию фундамента, и сколько времени заняло бетонирование?

В начале бетонирования через бетононасосы всегда прокачивается цементное молочко и насосы запускаются последовательно. Таким образом, за первые три часа бетонирования темп нарастал от 250 куб. м/час до 380 куб. м/час. На темп 440 куб. м/час мы вышли на четвертом часу бетонирования. В конце бетонирования происходит естественное замедление, поскольку нужно точно выверить объем укладываемой смеси с учетом требований по защитному слою бетона выше арматуры каркаса и процесса разравнивания смеси. Там в дело вступают геодезисты. Таким образом, есть периоды разгона и остановки, как на автомобиле. Моя оценка была более пессимистичной, чем реальный результат. Всю конструкцию забетонировали за 49 часов с момента начала работ с учетом разравнивания поверхности плиты.

Сколько рабочих принимали участие в бетонировании нижней плиты? Каково количество трудившихся в смену и сколько смен?

Всего в заливе принимало участие 18 насосов подачи бетона, которые обслуживали 750 человек в 3 смены по 8 часов. График смен был специально сокращен с 12 часов до 8 во избежание фактора усталости рабочих и невнимательного отношения к укладываемой смеси. Бригада каждого подающего бетононасоса состояла из 8 человек, 6 из которых работали в конструкции, 1 человек управлял насосом на поверхности котлована и 1 человек руководил бригадой. Кроме того работала группа логистики (также в три смены – 54 человека) и лабораторные посты входного контроля – всего 8 постов (еще 42 человека).

стройплощадку бетонной смеси требованиям регламента.

Для этого определяется подвижность смеси по расплыву конуса по ГОСТ 10181-2000, осуществляется визуальная оценка нерасплаиваемости, определяются фактическая плотность и температура бетонной смеси, формуются контрольные образцы для последующих испытаний. На пробах, отобранных из первых пяти автобетоносмесителей в каждой партии (объем смеси, выпущенной



непрерывно в течение 12 часов) от каждого завода-производителя, определяются подвижность, средняя плотность и температура; при стабилизации этих параметров на заданном уровне дальнейший контроль их подвижности осуществляется из каждого автобетоносмесителя, а температуры из каждого десятого автобетоносмесителя.

Бетонная смесь не должна обладать признаками расслоения и водоотделения, которые в условиях стройплощадки

**РАСЧЕТ ДОБАВКИ НА 1 МИКСЕР
БЕТОННОЙ СМЕСИ ОБЪЕМОМ 8м³**

Расплав конуса, см	Количество добавки Sika ViscoCrete 571	Количество воды, л
50 ÷ 55	7,0 ÷ 8,0	6
55 ÷ 60	4,0 ÷ 5,0	7

определяются визуально лаборантом по пробе смеси, отобранной для измерения подвижности. В случае явных признаков расслоения смесь не должна приниматься для укладки в конструкцию.

Разбавление поступившей бетонной смеси добавками осуществляется под строгим наблюдением и по расчетам представителей заводской лаборатории.

Вышеуказанная процедура выполняется однократно на каждом автобетоносмесителе. В случае, если после ее выполнения, подвижность бетонной смеси не соответствует требованиям Регламента, смесь не подлежит восстановлению на стройплощадке, бракуется и возвращается на заводы-поставщики.

Процедура восстановления подвижности до нормы является обязанностью производителя бетонной смеси и выполняется службами заводской лаборатории на строительной площадке.

Образцы-кубы с размером ребра 100 мм для определения прочности в возрасте 7, 28 и 90 суток формируются в количестве 12 шт. из объема бетонной смеси, поставленной одним заводом-производителем и уложенной в конструкцию в течение одной рабочей смены.

Две серии контрольных образцов в количестве 6 шт. в каждой серии формируются из объема бетонной смеси, выпущенной в первой и второй половине партии.

Контрольные образцы должны храниться в нормальных (относительная влажность 95±5%, температура +20±2 °C) условиях.

Измерение температуры бетона в конструкции фундаментной плиты при его выдерживании (в течение 30 дней) начинают осуществлять сразу после его возведения в следующем режиме: в течение первых 3 суток через 4 часа, в течение последующих 7 суток через 8 часов, в течение последующих 10 суток через 12 часов и после 20 суток через 24 часа.

Измерение температуры осуществляется электронным термометром до того

Рис. 4. Схема шатра

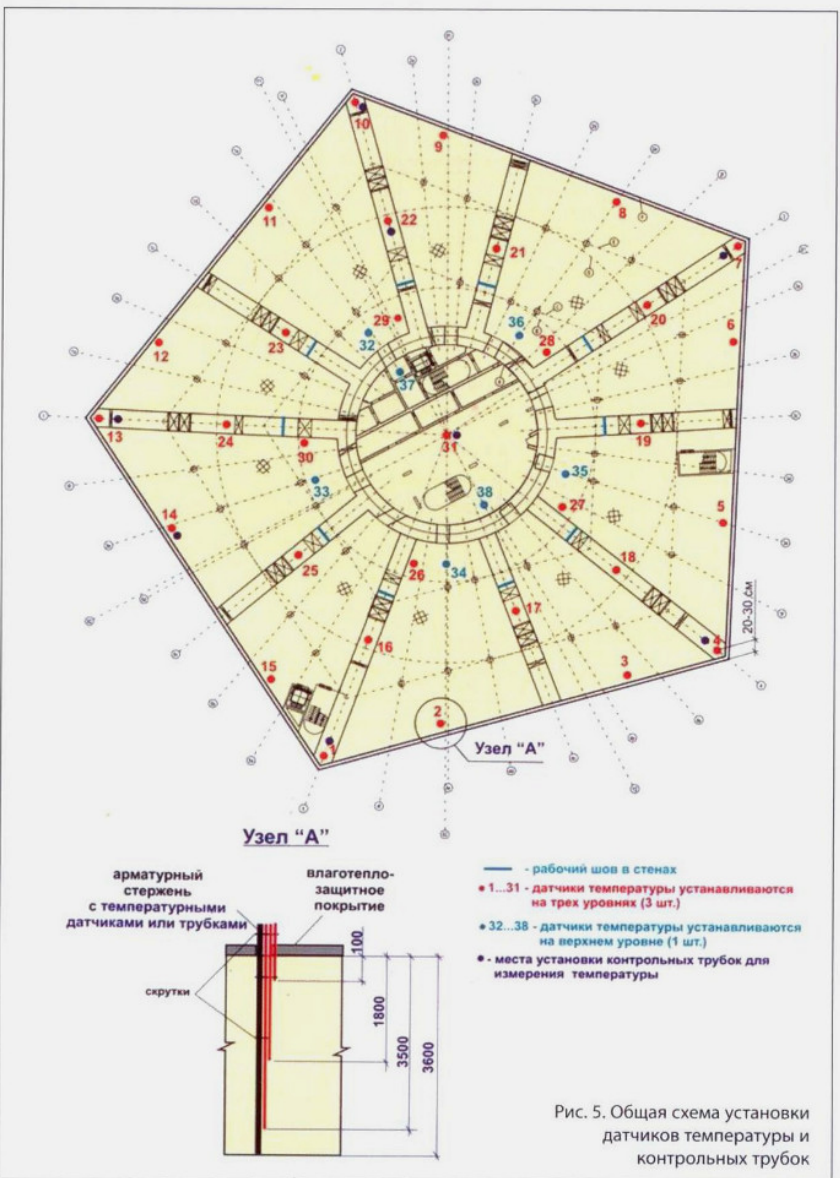
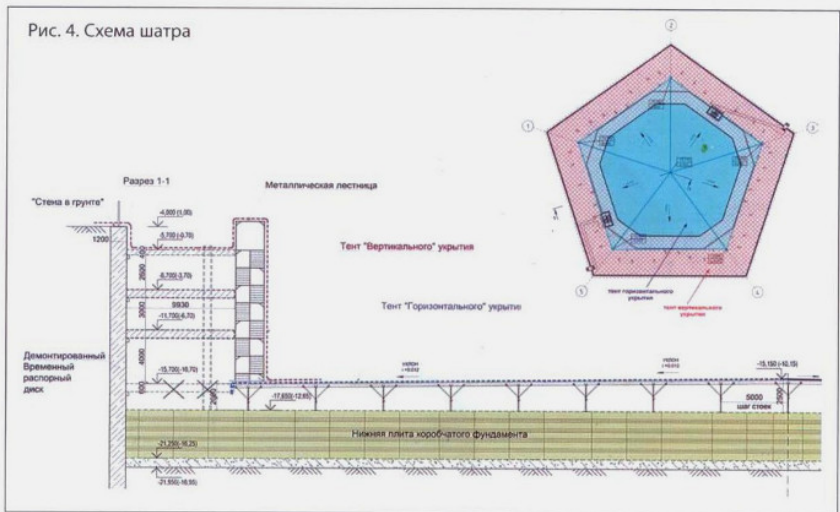


Рис. 5. Общая схема установки датчиков температуры и контрольных трубок

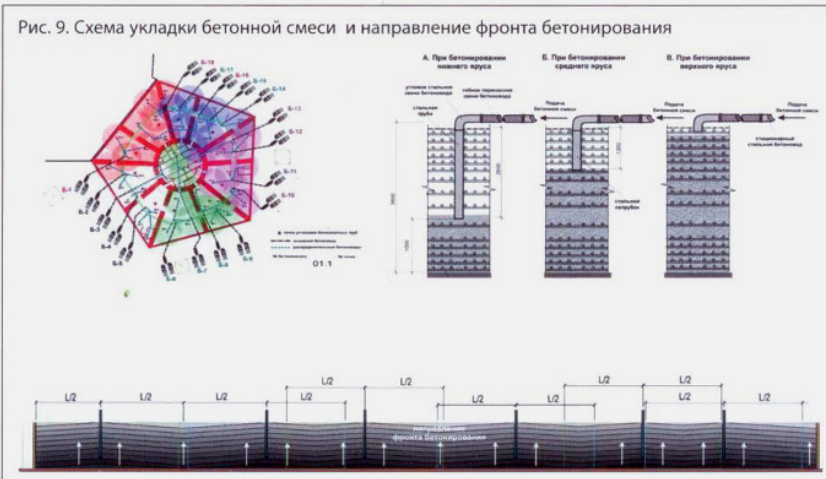
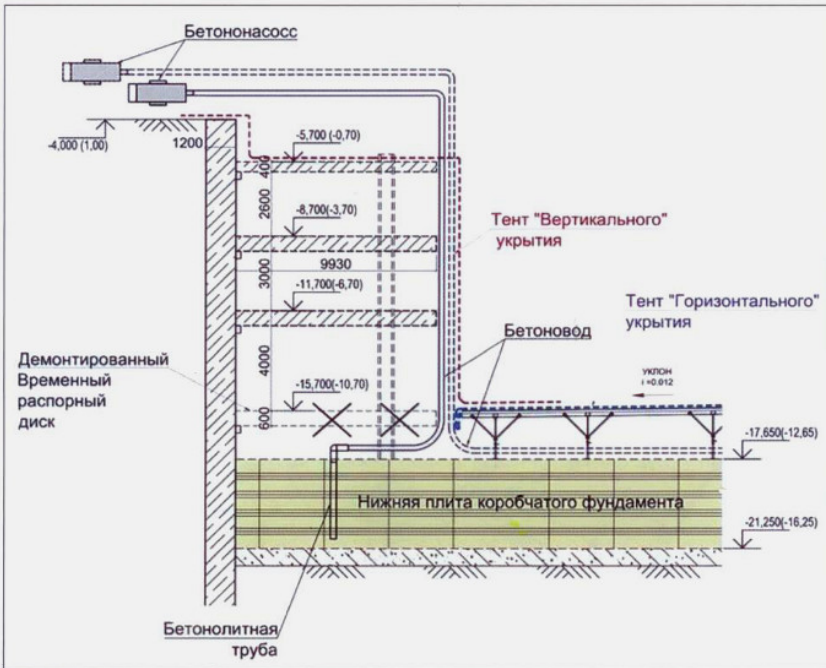
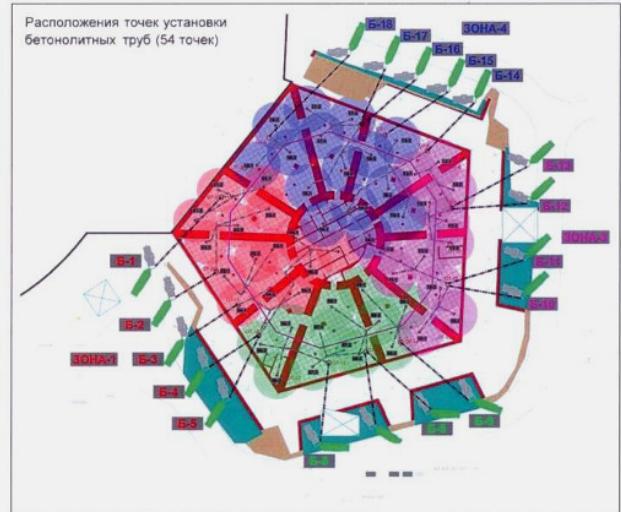
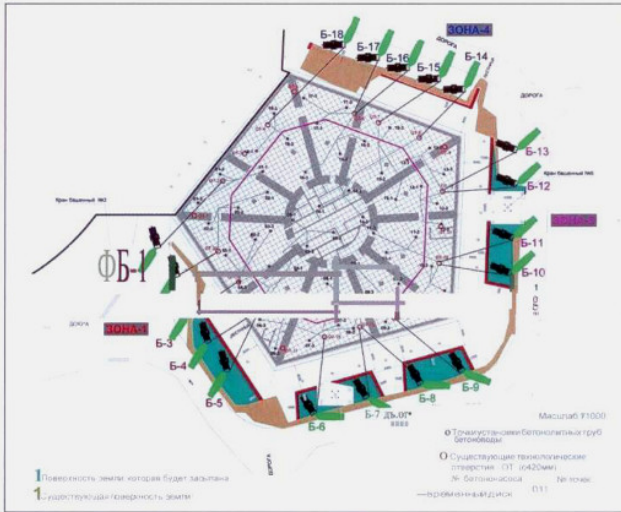


Рис. 6, 7, 8. Фрагменты бетоноводов на вертикальном участке

момента, пока разность между минимальной суточной температурой окружающей среды и максимальной температурой поверхностных слоев конструкции снизится менее чем на 20 °С.

Прочность бетона на сжатие определяется в возрасте 7, 28 и 90 суток по ГОСТ 10180-2012 и ГОСТ 31914-2012. Испытываются не менее двух серий контрольных образцов-кубов с размером ребра 100 мм из каждой партии готовой к отправке бетонной смеси.

Под партией подразумевается объем бетонной смеси постоянного состава, приготовленного на одних и тех же материалах в течение одной рабочей смены.

При этом количество контрольных образцов в каждой серии составляет 6 шт., в том числе:

- 2 образца – для испытания в возрасте 7 суток;
- 2 образца – для испытания в возрасте 28 суток;
- 2 образца – для испытания в возрасте 90 суток.

Серии контрольных образцов формируются в неразъемных формах из объема бетонной смеси, выпущенной в первой и второй половине партии.

Контрольные образцы-кубы должны быть промаркированы с указанием номера, даты и времени отбора пробы.

Статистический анализ результатов испытаний проводится по ГОСТ 18105-2010 и ГОСТ 31914-2012. Требуемая прочность бетона в возрасте 90 суток нормального твердения должна быть не

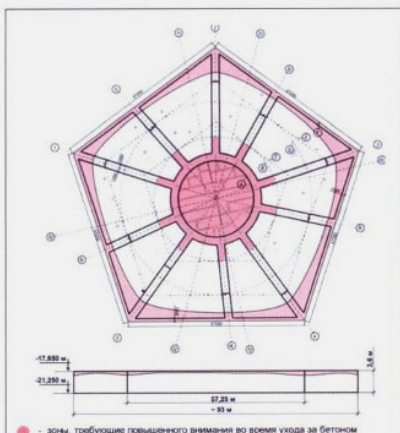


Рис. 10. Зоны, требующие повышенного внимания во время ухода за бетоном

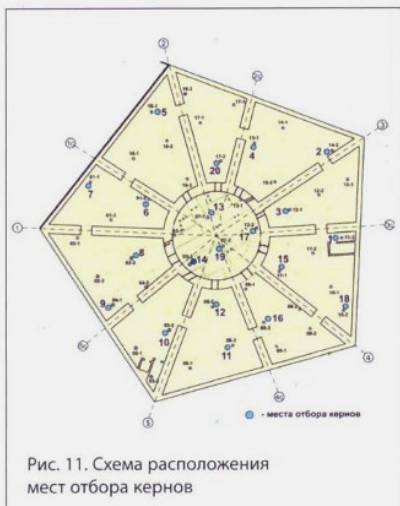


Рис. 11. Схема расположения мест отбора кернов

менее 68,4 МПа (при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности $95 \pm 5\%$).

Контроль прочности бетона на сжатие в конструкции фундаментной плиты в проектном возрасте (90 суток) осуществляется по контрольным образцам по ГОСТ 10180-2012 и ГОСТ 31914-2012 и по образцам-кернам, отобраным из конструкции в соответствии с ГОСТ 28570-90 и ГОСТ 31914-2012.

Количество кернов, отобранных из конструкций, должно быть не менее 20 шт. Места предполагаемого отбора кернов принимаются согласно Ориентировочной схеме расположения мест отбора кернов на рис. 11.

Изготовленные из кернов образцы должны соответствовать ГОСТ 31914-2012 (иметь диаметр не менее 70 мм и отшлифованные параллельные торцевые поверхности). ■

Продолжение следует



С. В. НИКИФОРОВ, ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР
АО «МФК «ЛАХТА ЦЕНТР»

Как осуществлялся контроль качества поставляемой арматуры и муфт для ее соединения в стыках?

Контроль качества арматуры и муфт осуществлялся при входном контроле, для чего отбирались образцы из каждой партии. В соответствии с Техническими условиями производителей муфт на первое испытание делалась выборка из 50 соединений, а на каждые последующие – выборка из 500 соединений.

Для определения механических свойств арматуры и подтверждения соответствия указанным в сертификатах

характеристикам мы проводили испытания на растяжение по ГОСТам. После успешного завершения испытаний муфты были приняты в работу.

Какое количество скважин установлено для контроля температуры твердеющего бетона?

Контроль температурного режима твердения бетона производился при помощи автоматизированной системы, с использованием датчиков температуры. Датчики температуры общим количеством 38 шт. установлены с целью контроля температуры в разных зонах бетонированной плиты: в ядре и на периферии конструкции на трех высотных отметках, а также в верхней зоне плиты.

Контрольные трубки (скважины) в количестве 8 шт., предназначенные для периодической проверки показаний датчиков, установлены на расстоянии 150–200 мм от датчиков температуры.

Какое количество образцов для испытаний класса бетона отобрано во время бетонирования?

Контроль прочности бетона на сжатие в партиях смесей, доставленных на стройплощадку, осуществлялся в соответствии с ГОСТами по контрольным образцам, изготовленным из проб бетонной смеси, отобранных при бетонировании конструкции.

За партию мы приняли объем бетонной смеси, поставляемой одним заводом-производителем и уложенной в конструкцию плиты в течение одной рабочей смены (12 часов). От каждой партии изготовили не менее 2 серий контрольных образцов.

Контроль прочности бетона на сжатие в конструкции фундаментной плиты в проектном возрасте (90 суток) осуществляется по контрольным образцам по ГОСТ 10180-2012 и ГОСТ 31914-2012 и по образцам-кернам, отобраным из конструкции в соответствии с ГОСТ 28570-90 и ГОСТ 31914-2012 в количестве не менее 20 шт.

Как контролируется твердение бетона?

Контроль твердения бетона осуществляется путем испытаний контрольных образцов, отобранных при бетонировании конструкции, в возрасте 3, 7, 28 и 90 суток.

Кроме того, для уточнения ориентировочных данных о прочности производим контроль забетонированной конструкции неразрушающим методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690-88.

Сколько образцов отбиралось для контроля прочности бетона?

Общее количество образцов, отобранных из бетонной смеси каждого из 13 заводов, доставленной на стройплощадку, составило 936 шт.

Каким был уход за уже уложенным бетоном?

Важным фактором по сохранению целостности и прочности массивной железобетонной конструкции является уход. После окончания бетонирования был организован уход за бетоном фундаментной плиты с целью обеспечения набора прочности и предупреждения появления температурно-усадочных трещин.

Принципы ухода за бетоном массивной железобетонной конструкции обоснованы расчетом термонапряженного состояния конструкции и заключаются в устройстве покрытия из теплоизолирующих рулонных материалов после окончания бетонирования и устройства влагонепроницаемого покрытия.

Согласно выполненному расчету, было необходимо обеспечить трещиностойкость бетона в период его твердения путем применения временного укрытия (тепняка) и поверхностной теплоизоляции. Теплоизоляцию установили, как только верхний слой приобрел достаточную для этого твердость.

Теплозащитное покрытие состоит из четырех слоев рулонных теплоизоляционных материалов типа «Этафом» на паровлагонепроницаемую пленку с целью постепенного выравнивания температуры твердеющего бетона по сечению конструкции, а также поверхностных слоев конструкции и наружного воздуха.

Назначение указанного покрытия – обеспечить:

- скорость остывания бетона в ядре конструкции не более $2-3^\circ\text{C}$ в сутки;
- перепад температур между смежными зонами по высоте плиты не более 20°C ;
- перепад температур поверхностных слоев бетона плиты и наружного воздуха не более 20°C .

По данным мониторинга, максимальная температура в ядре конструкции была достигнута на 5–6-е сутки и составляла 70°C . Темп падения температуры после максимума составляет около 1°C в сутки.