

СТАНДАРТЫ И КАЧЕСТВО

Научная статья

УДК 624.15

<https://doi.org/10.25686/2542-114X.2025.1.7>

EDN: ZEEIYI

Контроль качества при бетонировании массивных конструкций фундаментов многофункционального комплекса «Лахта Центр»

В. И. Травуш^{1,2}, С. В. Никифоров³

¹Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН) (г. Москва)

²АО «Городской проектный институт жилых и общественных зданий» (г. Москва)

³АО «Синергия» (г. Санкт-Петербург)

sergeivnikiforov@gmail.com

Аннотация

Введение. В статье описаны основные требования, принципы, процедуры, мероприятия контроля качества при бетонировании массивных бетонных конструкций на примере фундаментных конструкций высотного комплекса «Лахта Центр» в Санкт-Петербурге.

Цель исследования – разработка и внедрение трёхуровневой системы контроля качества бетонирования на бетонном заводе, стройплощадке и в конструкции. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: проанализировать нормативную базу по требованиям к контролю качества при возведении бетонных конструкций, рассмотреть концепцию построения системы контроля качества на основе трёхуровневого подхода, сформулировать основные принципы контроля бетонной смеси и бетона в конструкции.

Результаты исследования. Разработана схема оценки актуальных характеристик бетонных смесей, бетона и основных процессов бетонирования. Особое внимание уделено её реализации в организационно-технологической документации (проект производства работ, технологические карты, технологический регламент).

Выводы. Основные результаты данного исследования могут быть применены при разработке методической и организационно-технологической документации, используемой при устройстве массивных фундаментных конструкций уникальных зданий и сооружений.

Ключевые слова: массивные фундаментные конструкции; система контроля качества; трёхуровневый подход; технология; бетонирование; бетон; бетонная смесь.

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Для цитирования: Травуш В. И., Никифоров С. В. Контроль качества при бетонировании массивных конструкций фундаментов многофункционального комплекса «Лахта Центр» // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2025. № 1 (33). С. 7–18. <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2025.1.7>; EDN: ZEEIYI

На примере строительства 86-этажного здания «Башня» комплекса «Лахта Центр» в Санкт-Петербурге обобщаются организационно-технологические решения, принятые для контроля качества при бетонировании массивных конструкций фундаментов высотного здания, которые предусматривают определенную схему оценки характеристик бетонных смесей, бетона и основных процессов бетонирования [4].

1. Общая схема контроля качества бетонных смесей, бетонов и основных процессов бетонирования

Опыт научно-технического сопровождения строительства зданий комплекса «Лахта Центр» привел к выводу о необходимости использования системного подхода к контролю качества бетонирования, когда последовательно оцениваются свойства бетона, пребывающего в разном агрегатном состоянии – от вязкопластичной массы, т. е. смеси, доставленной на

стройплощадку, до затвердевшего в конструкции материала.

В основе разработанной системы трёхуровневый контроль на заводе, стройплощадке и в конструкции, включающий:

- контроль на бетонных заводах качества цемента, заполнителей и добавок, а также качества готовой к отправке на стройплощадку смеси;
- входной контроль на стройплощадке качества бетона по технологическим характеристикам бетонных смесей;
- оценка качества бетона в партиях, доставленных на стройплощадку и уложенных в конструкции;
- контроль параметров технологии при бетонировании и выдерживании конструкций;
- прямая оценка качества бетона в каждой конструкции.

Общая схема контроля качества представлена в таблице.

Контроль качества бетонной смеси и ее компонентов, бетона и процессов бетонирования Ensuring the quality of the concrete mixture, its components, concrete and concreting processes

Уровень контроля	Компоненты бетонной смеси	Бетонная смесь	Бетон	Технология
На заводе	Цемент по данным паспортов и ГОСТ. Песок по данным паспортов и ГОСТ. Щебень по данным паспортов и ГОСТ. Добавки по данным паспортов и ТУ	Подвижность. Сохраняемость. Расслаиваемость. Плотность. Температура	Прочность на сжатие. Водонепроницаемость. Морозостойкость	
На стройплощадке		Подвижность. Расслаиваемость. Плотность. Температура	Температура твердения. Прочность бетона в партиях, возраст 7, 28, 90 суток	Температура и длительность прогрева конструкции. Температура в шатре. Температура смеси перед укладкой. Скорость укладки. Контроль устройства покрытий
В конструкции			Прочность бетона в конструкции по кернам в возрасте 90 суток. Водонепроницаемость. Морозостойкость. Модуль упругости	

2. Контроль качества бетонной смеси и ее компонентов, бетона на заводах-производителях

Заводы-производители бетонных смесей для фундаментной плиты должны отвечать основным требованиям:

- иметь возможность раздельного хранения и дозирования не менее двух видов заполнителя;
- иметь выделенные склады силосного типа для приема, хранения и применения не менее одного типа порошкообразных добавок.

На заводах-производителях товарных бетонных смесей выполняется комплекс мероприятий по контролю состояния технологического оборудования, качества цемента, заполнителей и добавок, а также качества готовой к отправке на стройплощадку смеси.

Входной контроль материалов на бетонном заводе осуществляется лабораторией завода. В рамках НТС осуществляется выборочный контроль материалов на заводе, а также контроль лаборатории завода.

Бетонные узлы должны быть оборудованы системой автоматизированного дозирования компонентов бетонной смеси с возможностью получения информации с фактическими дозировками материалов, загруженных в каждый автобетоносмеситель.

В период производства смесей персоналом завода должен осуществляться постоянный контроль за состоянием бетоносмесителей, трактов подачи материалов (транспортёров), а также загружающихся смесью автобетоносмесителей на предмет наличия в их бункерах остатков воды или других материалов.

Компоненты бетона. Все компоненты бетона, применяемые заводом, должны быть снабжены документами о качестве (паспортами) на конкретную партию материала, а при необходимости и сертификатами соответствия.

Контроль каждой партии материалов осуществляется на основании анализа ин-

формации в документах о качестве (паспортах) на цемент, заполнители, добавки и результатов выборочных лабораторных испытаний материалов. Если данные паспортов не согласуются с результатами лабораторных испытаний, заключение о фактическом качестве материалов выносится на основании повторных испытаний, проведенных специализированными организациями.

Бетонная смесь. Качество бетонной смеси оценивается по следующим характеристикам:

- состав бетонной смеси по автоматизированной распечатке количества материалов, загруженных в автобетоносмеситель;
- подвижность (расплыв конуса);
- сохраняемость (стабильность подвижности во времени);
- средняя плотность;
- связность-нерасслаиваемость (сегрегационная устойчивость), которая определяется по водоотделению или визуально;
- температура.

Испытания проводятся на готовой к отправке смеси. Пробы бетонной смеси для определения вышеуказанных характеристик отбираются из автобетоносмесителя после перемешивания загруженной в него смеси в течение не менее 5 минут. При стабилизации указанных параметров на заданном уровне в дальнейшем на пробах из каждого автобетоносмесителя контролируется только подвижность, а температура смеси – из каждого десятого автобетоносмесителя.

Бетон. Качество бетона определяется испытанием контрольных образцов, которые должны храниться в нормальных условиях (относительная влажность $95 \pm 5 \%$, температура $+20 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

Прочность бетона на сжатие определяется в возрасте 7, 28 и 90 суток. Испытывается 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 (12 часов). Статистический анализ результатов испытаний проводится по ГОСТ 18105-2018 и ГОСТ 31914-2012. Требуемая прочность бетона в возрасте 90 суток нормального твердения для нижней плиты коробчатого фундамента здания «Башня» должна быть не менее 68,4 МПа.

Марка бетона по водонепроницаемости определяется в возрасте 90 суток испытанием шести образцов-цилиндров диаметром 150 мм и высотой 150 мм.

Марка бетона по морозостойкости бетона определяется в возрасте 90 суток испытанием 12 образцов-кубов размерами 100×100×100 мм один раз в период заливки фундамента.

3. Контроль качества на стройплощадке

Подготовка поста для контроля качества бетонной смеси. Лабораторный

пост контроля качества бетонной смеси организуется непосредственно при въезде на строительную площадку. На разгрузку (к бетононасосам) автобетоносмесители поступают только после проверки качества бетонной смеси и разрешения лабораторной службы.

Для выполнения работ в период непрерывного бетонирования конструкции пост должен быть укомплектован необходимым количеством инженеров и лаборантов, а также оборудованием, теплым помещением для персонала и первоначального хранения контрольных образцов бетона. Миксеры с заводов, расположенных на площадке строительства, на лабораторный пост не направляются.

Устройство шатра. 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 монтируется защитный шатер (рис. 2).

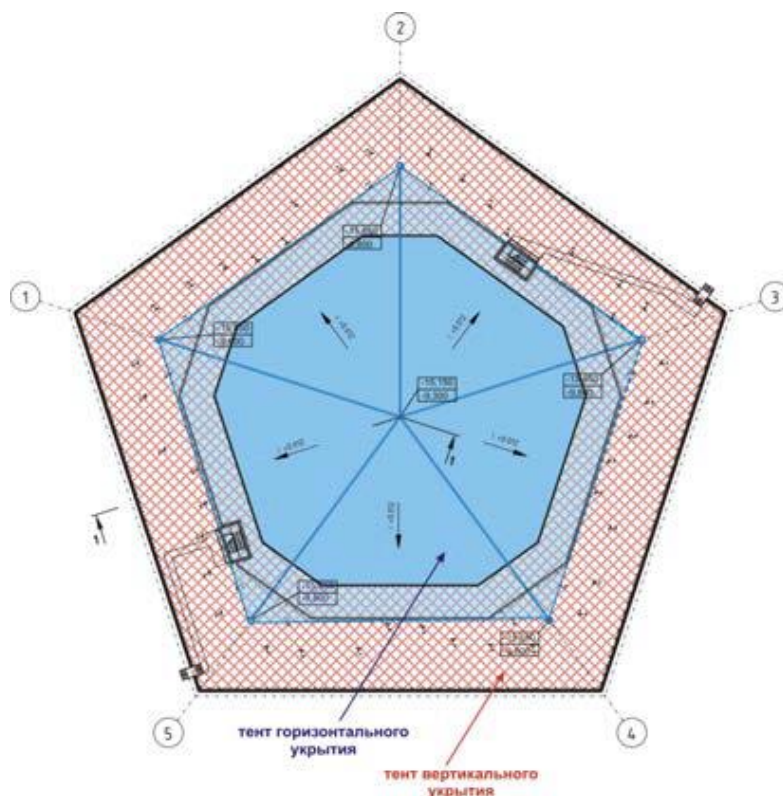


Рисунок 2. Конструкция шатра

Fig. 2. Tent design

Система контроля температуры. Контроль температурного режима твердения бетона в нижней фундаментной плите производится при помощи автоматизированной системы. Датчики температуры устанавливаются с целью контроля температуры в разных зонах бетонируемой плиты: в ядре и на периферии конструк-

ции на трех высотных отметках, а также в верхней зоне плиты на участках, где планируется возведение стен коробчатого фундамента – 3 этажа в ранние сроки.

Общая схема и количество участков установки датчиков температуры в нижней плите коробчатого фундамента представлены на рисунке 3.

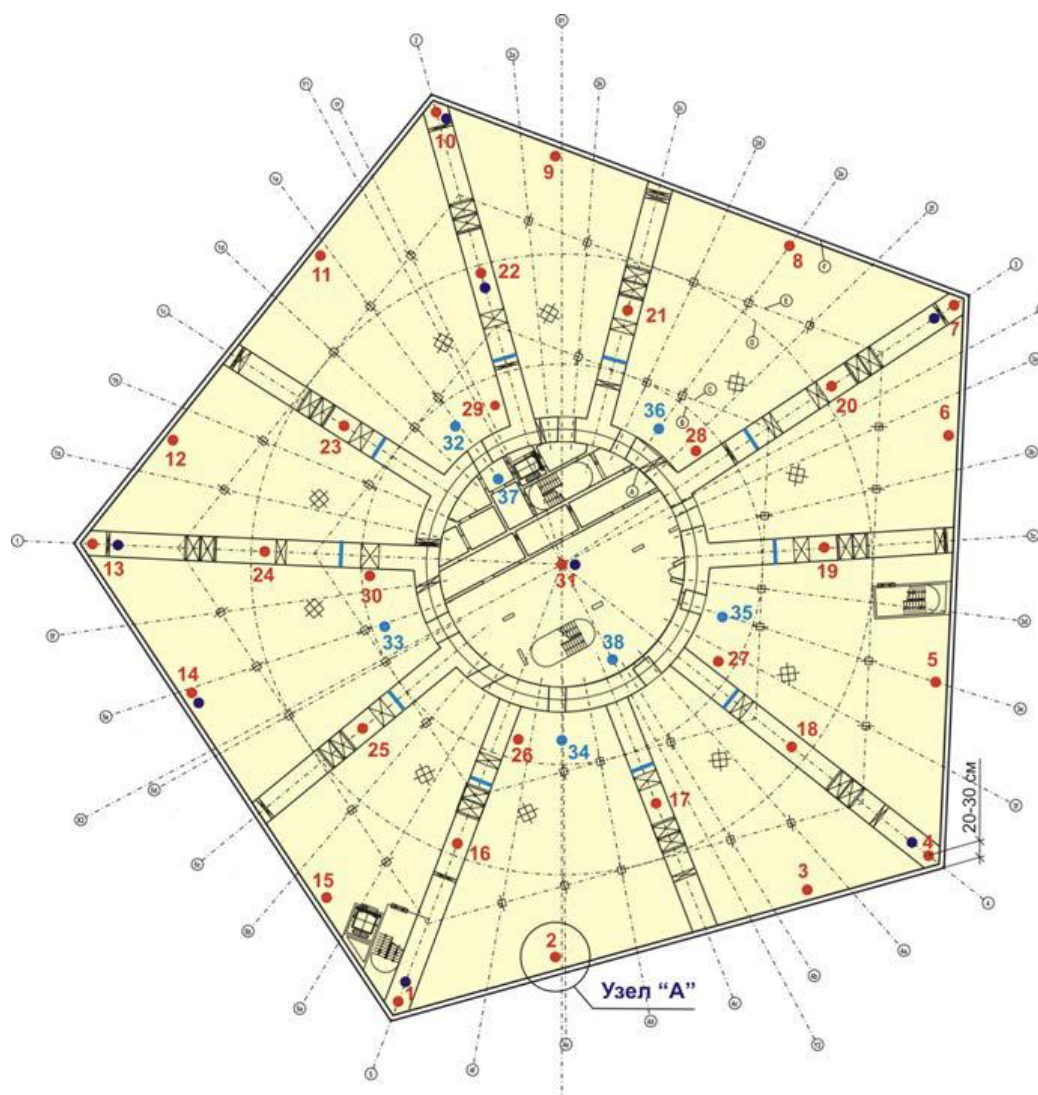


Рисунок 3. Общая схема установки датчиков температуры
Fig. 3. General diagram of temperature sensor installation

Приемка бетонной смеси. Приемка на строительной площадке осуществляется под наблюдением специалистов (инженеров), обеспечивающих контроль за качеством поступающей бетонной смеси и ее укладкой в конструкцию в непрерывном режиме.

Процедуры отбора проб смеси, их испытаний и формирования образцов бетона осуществляются группой лаборантов под наблюдением специалиста (инженера) на посту контроля качества. Качество бетонной смеси оценивается на пробах, отобранных из автобетоносмесителей.

Поступившая на стройплощадку бетонная смесь подвижностью (ПК) более 65 см и имеющая признаки расслоения возвращается на заводы-поставщики. Бетонная смесь с распылом конуса $50 \div 60$ см направляется на заводы на строительной площадке для корректировки бетонной смеси.

Контроль бетонной смеси. На данной стадии проводятся мероприятия по оценке соответствия доставленной на стройплощадку бетонной смеси требованиям регламента.

Выполняются следующие процедуры:

- определяется подвижность смеси по распылу конуса;
- осуществляется визуальная оценка нерасслаиваемости;
- устанавливается фактическая плотность бетонной смеси;
- определяется температура смеси;
- формируются контрольные образцы для последующих испытаний.

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 (12 часов).

В случае значительных отклонений от заданных характеристик необходимо откорректировать состав бетонной смеси с участием разработчиков регламента бетонирования.

Технологический контроль. По окончании бетонирования конструкции контролируется качество укрытия поверхности фундаментной плиты влаготеплозащитным покрытием.

Измерение температуры бетона в конструкции фундаментной плиты при его выдерживании (в течение 30 дней) начинают осуществлять сразу после его возведения до того момента, пока разность между минимальной суточной температурой окружающей среды и максимальной

температурой поверхностных слоев конструкции снизится менее чем на 20°C .

Контроль прочности бетона в партиях бетонных смесей. Контроль прочности бетона на сжатие в партиях смесей, доставленных на стройплощадку, осуществляется по ГОСТ 10180-2018 и ГОСТ 31914-2012 по контрольным образцам, изготовленным из проб бетонной смеси, отобранных при бетонировании конструкции. Партией считается объем бетонной смеси, поставляемой одним заводом-производителем и уложенной в конструкцию плиты в течение одной рабочей смены (12 часов).

Прочность бетона определяется по результатам испытания серий контрольных образцов-кубов размерами $100 \times 100 \times 100$ мм, которые твердели в нормальных (относительная влажность $95 \pm 5\%$, температура $+20 \pm 2^\circ\text{C}$) условиях.

От каждой партии изготавливается не менее двух серий контрольных образцов. Прочность бетона в каждой серии определяется в возрасте 7, 28 и 90 суток.

4. Контроль прочности бетона в конструкции

Принимая во внимание массивность конструкции фундаментной плиты, способствующую высокой экзотермии бетона, следует учесть, что прочность бетона в конструкции на уровне 80-90 % от проектной прочности может быть достигнута в возрасте 5-7 суток.

Кроме того, для уточнения ориентировочных данных о прочности по температурно-временному параметру рекомендуется осуществить контроль неразрушающим методом отрыва со скалыванием.

Контроль прочности бетона на сжатие в конструкции фундаментной плиты в проектном возрасте (90 суток) осуществляется по контрольным образцам и по образцам-кернам, отобранным из конструкции. Определение прочности бетона по образцам-кернам, отобранным из конструкции, осуществляется по согласованному с автором проекта плану, который

содержит координаты мест отбора и глубину выбуривания кернов.

Количество кернов, отобранных из конструкций, должно быть не менее 20. Места предполагаемого отбора кернов принимаются согласно ориентировочной

схеме расположения мест отбора кернов (рис. 4). Изготовленные из кернов образцы должны соответствовать ГОСТ 31914-2012 (иметь диаметр не менее 70 мм и отшлифованные параллельные торцевые поверхности).

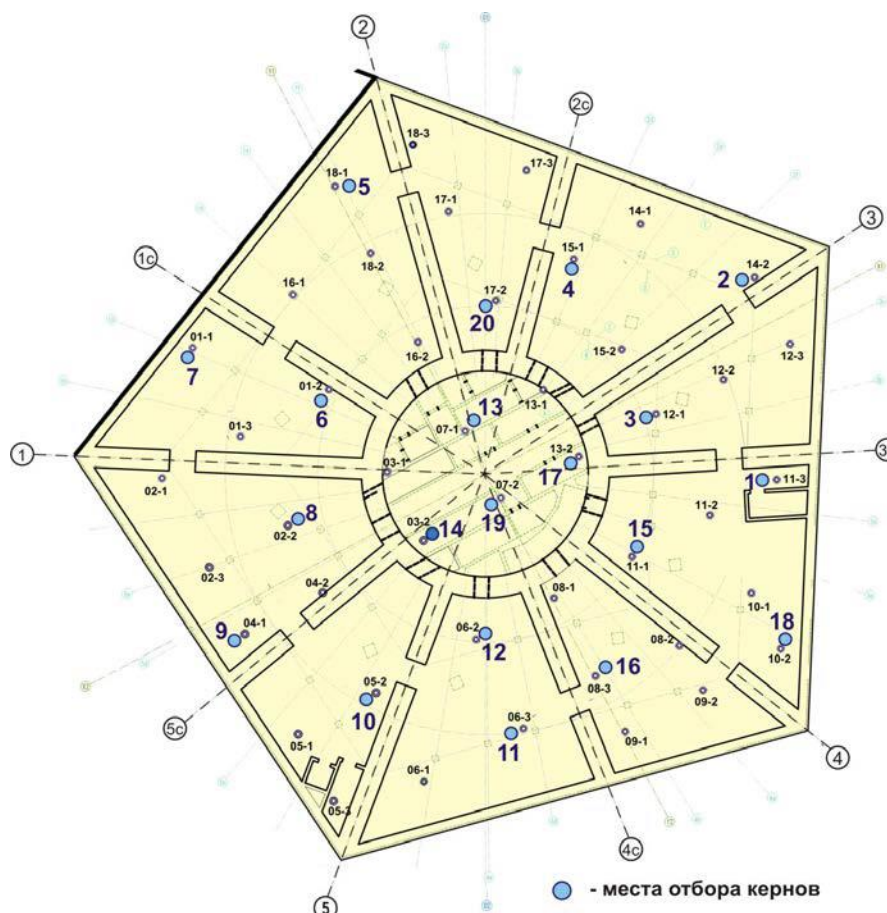


Рисунок 4. Схема расположения мест отбора кернов

Fig. 4. Layout of core sampling sites

Контроль водонепроницаемости бетона. Марка бетона по водонепроницаемости определяется один раз на конструкцию по результатам испытаний образцов кубов размерами 150×150×150 мм или образцов-цилиндров диаметром 150 мм и высотой 150 мм, которые твердели 90 суток в нормальных (относительная влажность 95±5 %, температура +20±2 °C) условиях или непосредственно в конструкции фундаментной плиты.

Контроль морозостойкости бетона. Марка бетона по морозостойкости определяется один раз на конструкцию

(при условии постоянных заводов-поставщиков бетона) испытанием 12 (в зависимости от применяемого метода испытаний) образцов кубов размерами 100×100×100 мм, хранившихся в течение 90 суток в нормальных условиях (относительная влажность 95±5 %, температура +20±2 °C).

5. Приемочный контроль качества бетона

Приемочный контроль, осуществляемый в возрасте бетона 90 суток, должен отражать фактические показатели прочности и однородности, а также водонепро-

нищаемости и морозостойкости бетона в конструкции фундаментной плиты.

Качество бетона по прочности на сжатие оценивается испытанием контрольных образцов для определения прочности в партиях и испытанием бетона нижней плиты коробчатого фундамента по образцам, отобранным из конструкции. Качество бетона по водонепроницаемости и морозостойкости определяется по испытаниям контрольных образцов.

Если по результатам испытаний в возрасте 90 суток бетон не будет отвечать проектным требованиям, по согласованию с автором проекта возможна повторная оценка качества бетона в более позднем возрасте, в 180 суток.

Оценка прочности бетона в партиях. Прочность каждой партии бетона следует определять по результатам испытаний контрольных образцов-кубов по всем нормируемым показателям.

Оценка прочности бетона в партиях осуществляется на основании результатов испытаний, проведенных согласно требованиям, указанным в разделе 3 настоящей статьи.

Партия бетона подлежит приемке, если фактическая прочность бетона (среднее значение прочности бетона в партии, определенное по результатам испытаний контрольных образцов) не ниже требуемой прочности для класса В60:

$$R_{\phi} \geq R_T,$$

где R_{ϕ} – среднее значение прочности бетона в партии, определенное по результатам испытаний контрольных образцов;

R_T – требуемая прочность для бетона класса В60.

Требуемая прочность – это минимально допустимое значение фактической прочности бетона в партии, установленное в соответствии с достигнутой ее однородностью, которое для бетона класса В60 принимается не менее 68,4 МПа в возрасте 90 суток.

Оценка прочности бетона в конструкции. Прочность бетона в конструкции нижней плиты коробчатого фундамента определяется в возрасте 90 суток. Оценка прочности бетона нижней фундаментной плиты осуществляется на основании результатов испытаний бетона в конструкции по образцам-кернам, отобранным из конструкций в соответствии с требованиями, указанными в разделе 4 настоящей статьи.

Фундаментная плита подлежит приемке по прочности, если фактический класс бетона B_{ϕ} в конструкции не ниже проектного класса $B_{\text{норм}}$:

$$B_{\phi} \geq B_{\text{норм}},$$

где $B_{\text{норм}}$ – проектный класс бетона по прочности на сжатие В60;

B_{ϕ} – фактический класс бетона по прочности на сжатие в конструкции.

Фактический класс бетона по прочности на сжатие в конструкции нижней фундаментной плиты B_{ϕ} оценивается по схеме «В», при которой используют данные текущего неразрушающего контроля с определением характеристик однородности бетона по прочности в соответствии с ГОСТ 18105-2018 по формуле

$$B_{\phi} = R_{\phi}/K_T,$$

где R_{ϕ} – фактическая средняя прочность бетона в конструкции по данным испытаний образцов, изготовленных из кернов, отобранных из конструкции, МПа;

K_T – коэффициент, принимаемый по таблице А.1 ГОСТ 18105-2018 в зависимости от фактического коэффициента вариации прочности бетона.

В случае, если фактический класс бетона B_{ϕ} в конструкции нижней плиты коробчатого фундамента окажется ниже проектного класса, решение о его приемке принимается автором проекта.

Оценка водонепроницаемости бетона в конструкции. Бетон, уложенный в конструкцию фундаментной плиты, подлежит

приемке по водонепроницаемости, если его марка по водонепроницаемости соответствует или превышает марку W8.

Оценка морозостойкости бетона в конструкции. Бетон, уложенный в конструкцию фундаментной плиты, подлежит приемке по морозостойкости, если его марка по морозостойкости соответствует или превышает марку F₁₅₀.

Выводы

При возведении монолитных железобетонных конструкций фундамента очень важно строго соблюдать технологию для обеспечения высокого качества. Для этого необходимо организовать систему контроля на всем протяжении проведения работ.

При производстве бетонных работ подрядной организации следует разработать технологический регламент на бетонирование или технологическую карту, которые будут включать в себя информацию о последовательности работ, правилах организации трудовых и материальных ресурсов (способы до-

ставки и приемки бетонных смесей, укладки и уплотнения) и учитывать условия строительной площадки и установленные сроки.

Система контроля качества включает трёхуровневый контроль на заводе, стройплощадке и в конструкции:

- контроль на бетонных заводах качества цемента, заполнителей и добавок, а также качества готовой к отправке на стройплощадку смеси;

- входной контроль на стройплощадке качества бетона по технологическим характеристикам бетонных смесей;

- оценка качества бетона в партиях, доставленных на стройплощадку и уложенных в конструкции;

- контроль параметров технологии при бетонировании и выдерживании конструкций;

- прямая оценка качества бетона в каждой конструкции;

- контроль качества сборки арматурных изделий и их укладки в опалубку плиты.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Травуш В. И., Шахворостов А. И. Бетонирование нижней плиты коробчатого фундамента башни комплекса «Лахта центр» // Высотные здания. 2015. № 1. С. 92-101.
2. Никифоров С. В. Особенности конструкции фундамента высотного здания «Лахта Центра» // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26, № 1. С. 179-193. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-1-179-193. EDN: WAIQVQ.
3. Каприелов С. С., Шейнфельд А. В., Киселева Ю. А. Особенности системы контроля качества высокопрочных бетонов // Строительные материалы. 2012. № 2. С. 63-67. EDN: OWJKGX.
4. Колчеданцев Л. М., Осипенкова И. Г. Особенности организационно-технологических решений при возведении высотных зданий // Жилищное строительство. 2013. № 11. С. 17-19. EDN: RKVZIX.
5. Красный Д. Ю., Красный Ю. М. Обеспечение качества при возведении зданий и сооружений из монолитного железобетона. Екатеринбург: Центр качества строительства, 2003. 448 с.
6. Несветаев Г. В., Корянова Ю. И. Технология и качество бетонных работ. Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. 228 с. ISBN 978-5-9729-1028-1. EDN: WSILKV.
7. О влиянии некоторых технологических факторов на качество бетона монолитных железобетонных конструкций / Г. В. Несветаев, Ю. И. Корянова, А. С. Чепурненко, Д. П. Сухин // Инженерный вестник Дона. 2021. № 11(83). С. 1-17. EDN: EIDKLR. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2021/7256>
8. Ковалева А. Ю., Коноплев С. Н., Староверов В. Д. Проблемы и практика применения стандартов на бетонные смеси // Технологии бетонов. 2024. № 3(194). С. 17-22. EDN: RMGGLF.
9. Несветаев Г. В., Коллеганов А. В., Коллеганов Н. А. Особенности неразрушающего контроля прочности бетона эксплуатируемых железобетонных конструкций // Наукоедение: интернет-журнал. 2017. Т. 9, № 2. С. 1-14. EDN: YPQIZL. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/14TVN217.pdf>

Статья поступила в редакцию 19.02.2025; одобрена после рецензирования 26.02.2025; принята к публикации 11.03.2025

Информация об авторах

ТРАВУШ Владимир Ильич – доктор технических наук, профессор, академик РААСН, вице-президент Российской академии архитектуры и строительных наук, главный конструктор и заместитель генерального директора АО «Городской проектный институт жилых и общественных зданий», г. Москва. Область научных интересов – проектирование зданий и сооружений, строительная механика, расчет строительных конструкций. Автор более 200 научных публикаций. E-mail: travush@mail.ru

НИКИФОРОВ Сергей Владимирович – директор по проектированию АО «Синергия», г. Санкт-Петербург. Область научных интересов – проектирование зданий и сооружений, строительная механика, расчет строительных конструкций. Автор 3 научных публикаций. E-mail: sergeivnikiforov@gmail.com

Вклад авторов. Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Scientific article

UDC 624.15

<https://doi.org/10.25686/2542-114X.2025.1.7>

EDN: ZEEIYI

Quality control in concreting massive foundation structures of the multifunctional “Lahta Centre” complex

V. I. Travush^{1,2}, S. V. Nikiforov^{3✉}

¹Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAASN) (Moscow)

²JSC City Design Institute of Residential and Public Buildings (Moscow)

³JSC Synergy (St. Petersburg)

sergeivnikiforov@gmail.com✉

Abstract

Introduction. The paper discusses the fundamental principles of quality control when concreting the massive concrete structures, using the example of foundation structures of the Lakhta Center complex in St. Petersburg.

The aim of research is to develop and implement a three-level concreting quality control system for the concrete plant, on a construction site and applicable to different structures.

In order to achieve this goal, the following tasks were formulated: to analyze the regulatory framework governing quality control requirements while constructing the concrete structures; to consider the establishment of a quality control system based on a three-level approach, to formulate the fundamental principles of monitoring the concrete mixtures and the concrete within the structure.

Research outcomes. Special emphasis is placed on establishing a framework for evaluating the properties of concrete mixtures, concrete itself, and the main concreting processes, as well as their incorporation into organisational and technological documentation (work production project, process maps, process regulations).

Conclusions. The primary findings of this research can be used in the development of methodological, organizational and technological documentation supporting in the construction of massive foundation structures of unique buildings and constructions.

Keywords: concrete structures; quality control; temperature control; method statement; concreting; concrete; concrete mix.

Funding. This study was not supported by any external sources of funding.

For citation: Travush V. I., Nikiforov S. V. Quality control in concreting massive foundation structures of the multifunctional “Lahta Centre” complex. *Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Materials. Constructions. Technologies.* 2025;(1):7–18. (In Russian). <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2025.1.7>; EDN: ZEEIYI

REFERENCES

1. Travush V. I., Shakhvorostov A. I. Concreting the lower slab of the box foundation of the tower of the Lakhta Center complex. *Tall buildings.* 2015;(1):92-101. (In Russ.).
2. Nikiforov S. V. High-rise building foundation design of the Lakhta Center. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture.* 2024;26(1):179-193. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-1-179-193. EDN: WAIQVQ. (In Russ.).
3. Kaprielov S. S., Sheinfeld A. V., Kiseleva Yu. A. Features of the quality control system for high-strength concrete. *Construction materials.* 2012;(2):63-67. EDN: OWJKGX. (In Russ.).
4. Kolchedantsev L. M., Osipenkova I. G. Features of organizational and technological solutions in the construction of high-rise buildings. *Housing construction.* 2013;(11):17-19. EDN: RKVZIX. (In Russ.).
5. Krasny D. Yu., Krasny Yu. M. Quality assurance in the construction of buildings and structures from monolithic reinforced concrete. Yekaterinburg: Center for Construction Quality, 2003. 448 p. (In Russ.).
6. Nesvetaev G. V., Koryanova Yu. I. Technology and quality of concrete works. Moscow; Vologda: Infra-Engineering, 2022. 228 p. ISBN 978-5-9729-1028-1. EDN: WSILKV. (In Russ.).
7. Nesvetaev G. V., Koryanova Y. I., Chepurnenko A. S., Sukhin D. P. On the influence of some technological factors on the quality of concrete of monolithic reinforced concrete structures. *Engineering Journal of Don.* 2021;(11):1-17. EDN: EIDKLR. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2021/7256> (In Russ.).
8. Kovaleva A. Yu., Konoplev S. N., Staroverov V. D. Problems and practice of applying standards for concrete mixtures. *Concrete technologies.* 2024;(3):17-22. EDN: RMGGLF. (In Russ.).
9. Nesvetaev G. V., Kolleganov A. V., Kolleganov N. A. Features nondestructive control concrete strength exploited concrete constructions. *Internet journal Naukovedenie.* 2017;9(2):1-14. EDN: YPQIZL. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/14TVN217.pdf> (In Russ.).

The manuscript was submitted on 19.02.2025; reviewed on 26.02.2025;
adopted for publication on 11.03.2025

Information about the authors

TRAVUSH Vladimir Ilich – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Academician, Vice-President of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Chief Designer and Deputy Director General of JSC City Design Institute of Residential and Public Buildings, Moscow. Research interests – design of buildings and structures, structural mechanics, design of building structures. Author of more than 200 publications. E-mail: travush@mail.ru

NIKIFOROV Sergei Vladimirovich – Design Director, JSC Synergy, St. Petersburg. Research interests – design of buildings and structures, structural mechanics, design of building structures. Author of 3 publications. E-mail: sergeivnikiforov@gmail.com

Contribution of the authors. The authors contributed equally to this paper.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

The authors reviewed and approved the final version of the manuscript.