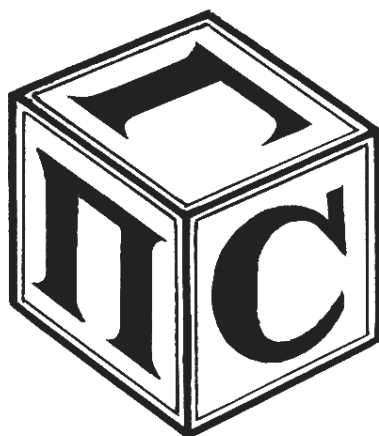


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

МЕТРОЛОГИЯ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальности 1-70 02 01
«Промышленное и гражданское строительство»
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2022

УДК 624.011.1

ББК 38.7

M51

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»
« 22 » сентября 2022 г., протокол № 2

Составитель канд. техн. наук, доц. Ю. Г. Москалькова

Рецензент ст. преподаватель Н. В. Курочкин

В методических рекомендациях рассматриваются основы статистической обработки результатов измерений, приведены примеры практических расчетов. Рассматриваются основные положения системы управления качеством в строительстве.

Учебно-методическое издание

МЕТРОЛОГИЯ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Ответственный за выпуск

С. В. Данилов

Корректор

А. А. Подошевка

Компьютерная верстка

М. М. Дударева

Подписано в печать 22.11.2022 . Формат 60 × 84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,69 . Тираж 56 экз. Заказ № 1069.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2022

Содержание

Введение.....	4
1 Законодательные и нормативные документы по обеспечению единства измерений, по техническому нормированию и стандартизации, по системе управления качеством в Республике Беларусь. Нормативное обеспечение точности геометрических параметров в строительстве	5
2 Статистическая обработка результатов измерений. Оценивание неопределенности измерений. Оценивание суммарной погрешности измерений.....	8
2.1 Общие положения и статистический контроль прочности бетона железобетонных конструкций.....	8
2.2 Методика установления градуировочных зависимостей и оценка их погрешностей.....	13
3 Система управления качеством строительно-монтажных работ. Основные ТНПА.....	28
4 Приемочный контроль качества оснований, плитных и свайных фундаментов зданий и сооружений.....	31
5 Приемочный контроль качества каменной кладки при возведении каменных конструкций.....	33
6 Неразрушающие методы контроля прочности бетона конструкций	35
7 Контроль качества железобетонных монолитных конструкций.....	37
Список литературы	41
Приложение А	43

Введение

Целью изучения дисциплины «Метрология и контроль качества в строительстве» является приобретение студентами знаний и практических навыков, необходимых для профессионального выполнения обязанностей инженера на современных строительных объектах.

Целью выполнения практических работ является получение студентами навыков проведения статистической обработки результатов детального инструментально-технического обследования строительных конструкций зданий и сооружений, т. е. получение фактических характеристик материалов для последующего проведения поверочных расчетов.

Для приобретения устойчивых навыков решения задач необходимо решить все задачи, представленные в методических рекомендациях, используя при этом действующую нормативную литературу.

При выполнении расчетов целесообразно проверить действие технических нормативных правовых актов (ТНПА) по Перечню технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства, действующих на территории Республики Беларусь, и каталогу, составленным по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ТНПА заменены (изменены), то следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА.

Официальный сайт РУП «Стройтехнорм», на котором можно ознакомиться с перечнем действующих ТНПА: <https://normy.by>.

Национальный фонд ТНПА Республики Беларусь: <http://tnpa.by>.

1 Законодательные и нормативные документы по обеспечению единства измерений, по техническому нормированию и стандартизации, по системе управления качеством в Республике Беларусь. Нормативное обеспечение точности геометрических параметров в строительстве

Система обеспечения единства измерений в Республике Беларусь – комплекс мер по государственному регулированию и управлению, государственному метрологическому надзору и метрологическому контролю, осуществляемых государственными органами, юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями и иными физическими лицами в целях обеспечения единства измерений.

Результаты измерений, выполненные в системе обеспечения единства измерений, выражены в узаконенных единицах величин, имеют прослеживаемость до национальных и международных эталонов, гарантированную степень точности и достоверности и являются основанием для принятия решений в экономике, промышленности, науке, торговле, здравоохранении, охране окружающей среды, оценке и контроле продукции и природных ресурсов, обороне, безопасности, транспорте и связи и других отраслях.

С 27 ноября 2020 г. вступила в силу новая редакция Закона Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» (Закон «Об изменении Закона Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» от 11 ноября 2019 г. № 254-З).

Новая редакция закона направлена на совершенствование действующего законодательства с учетом практики его применения с 2006 г. и была необходима для укрепления статуса и значения системы обеспечения единства измерений в республике, исключения правовых пробелов и совершенствования нормативной базы, а также для содействия устойчивому экономическому росту и динамичному развитию промышленности и бизнеса.

Обновленный закон отвечает положениям Договора о Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС) и прилагаемого к нему Протокола о проведении согласованной политики в области обеспечения единства измерений, продолжает политику, проводимую в СНГ в этой области, учитывает документы международных организаций по метрологии, опыт Европейского союза.

Применение новой редакции закона обеспечивает комплексное, системное и согласованное правовое регулирование общественных отношений в сфере обеспечения единства измерений на современном уровне. В большей степени защищены права и интересы государства, граждан и организаций, в том числе за счет обеспечения правовой определенности, ясности и прозрачности правил и процедур в сфере обеспечения единства измерений.

В новой редакции закона существенно увеличен объем понятийного аппарата; включены новые термины и определения. Законом в большей степени разграничены полномочия государственной метрологической службы, юридических лиц (их метрологических служб) и иных субъектов по выполнению ра-

бот по обеспечению единства измерений в регулируемой (сфера законодательной метрологии) и нерегулируемой областях.

Сфера законодательной метрологии (СЗМ) в контексте нового закона не претерпела больших изменений. Государство оставляет за собой контроль выполнения принципов единства измерений в жизненно важных для страны и потребителей сферах деятельности. Сфера законодательной метрологии – обязательный элемент метрологической инфраструктуры, рекомендуемый международными организациями, в частности Международной организацией законодательной метрологии, членом которой Беларусь является с 1993 г.

Новая редакция закона вводит несколько элементов добровольного характера – проведение метрологических аудитов, сличение результатов измерений и др. Это будет востребовано промышленными предприятиями, индивидуальными предпринимателями, другими субъектами экономики и поможет им улучшить метрологическое обеспечение производственной деятельности. Закон будет максимально способствовать внедрению современных технологий на промышленных предприятиях. С развитием цифровых интеллектуальных производств и переходом к Индустрии 4.0 актуальность метрологии, которая отвечает за предоставление точных данных для контроля качества продукции и производственных процессов, еще больше возрастет.

Предусмотренный обновленным законом Государственный информационный фонд по обеспечению единства измерений (<https://www.oei.by>) позволяет аккумулировать всю юридически важную для субъектов экономики и госорганов информацию. Фонд включает базу данных утвержденных типов средств измерений и стандартных образцов, результаты государственной поверки средств измерений, сведения об аттестованных методиках измерений, нормативную правовую базу в области обеспечения единства измерений.

В настоящее время разработаны и утверждаются нормативных правовых актов, которые развивают положения Закона. Они заменяют технические кодексы установившейся практики, устанавливающие процедуры метрологических работ, разработку и содержание национальных эталонов, применение единиц величин и др.

Стандартизация – установление и применение правил с целью упорядочения деятельности при участии всех заинтересованных сторон.

Стандартизация должна обеспечить возможно полное удовлетворение интересов производителя и потребителя, повышение производительности труда, экономное расходование материалов, энергии, рабочего времени и гарантировать безопасность при производстве и эксплуатации.

Действующая система стандартизации позволяет разрабатывать и поддерживать в актуальном состоянии:

- единый технический язык;
- унифицированные ряды важнейших технических характеристик продукции (допуски и посадки, напряжения, частоты и др.);
- типоразмерные ряды и типовые конструкции изделий общемашиностроительного применения (подшипники, крепеж, режущий инструмент);
- систему классификаторов технико-экономической информации;

– достоверные справочные данные о свойствах материалов и веществ.

Объектами стандартизации могут быть продукция, услуги и процессы, имеющие перспективу многократного воспроизведения и (или) использования. Непосредственным результатом стандартизации является, прежде всего, нормативный документ. Применение нормативных документов является способом упорядочения в определенной области, поэтому нормативный документ – это средство стандартизации.

Стандарты устанавливаются на:

- материальные предметы, включая продукцию, эталоны, образцовые по составу или свойствам вещества;
- на нормы, правила и требования к объектам организационного, методического и общетехнического характера.

В зависимости от формы руководства стандартизацией и сферы действия стандартов различают государственную, национальную и международную стандартизацию.

Государственная стандартизация – форма развития и проведения стандартизации, осуществляемая под руководством государственных органов по единым государственным планам стандартизации.

Национальная стандартизация проводится в масштабе государства без государственной формы руководства.

Международная стандартизация проводится специальными международными организациями или группой государств с целью облегчения взаимной торговли, научных, технических и культурных связей.

Наряду со стандартизацией, осуществляемой в масштабах государства, широко используются:

- *отраслевая стандартизация*, осуществляемая в отдельных отраслях промышленности с целью обеспечения единства технических требований и норм к продукции отрасли и создания условий для кооперации и специализации в этой отрасли (под отраслью понимается совокупность предприятий и организаций независимо от их территориального расположения и ведомственной принадлежности, разрабатывающих и изготавливающих определенные виды продукции);

- *республиканская стандартизация*, проводимая в республике в целях установления требований и норм на продукцию, не охваченную государственной или отраслевой стандартизацией;

- *местная стандартизация*, проводимая на предприятиях (в объединениях) и устанавливающая требования, нормы и правила, применяемые только на данном предприятии.

Устанавливаемые при стандартизации нормы оформляются в виде нормативно-технической документации по стандартизации – стандартов и технических условий.

Стандарт – это нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации и утвержденный компетентным органом. Стандарт может быть разработан как на предметы (продукцию, сырье, образцы веществ), так и на нормы, правила, требования

к объектам организационно-методического и общетехнического характера труда, порядок разработки документов, нормы безопасности, системы управления качеством и др.

Контрольные вопросы

- 1 Понятие сферы законодательной метрологии.
- 2 Что такое стандартизация?
- 3 Назовите виды стандартизации в зависимости от формы руководства стандартизацией и сферы действия стандартов.

2 Статистическая обработка результатов измерений. Оценивание неопределенности измерений. Оценивание суммарной погрешности измерений

2.1 Общие положения и статистический контроль прочности бетона железобетонных конструкций

2.1.1 Обработка результатов испытаний согласно положениям СТБ 2264.

Оценку соответствия прочности бетона на сжатие по единичным результатам испытаний, полученным методами неразрушающего контроля, следует производить по критериям соответствия согласно СТБ EN 206 [1].

Статистическому анализу прочности бетона конструкций подверглись все наблюдения. Премахи отбраковывались на основании вычисления коэффициента осцилляции q . Общее количество результатов для обработки сокращалось до 15 значений таким образом, чтобы разброс был минимальным.

Основными статистическими характеристиками, используемыми при контроле прочности бетона согласно СТБ 2264 [2], являются показатели среднего значения прочности и ее разброс.

Средняя фактическая кубиковая прочность бетона на сжатие $f_{c,cube,F}$ (в мегапаскалях) – это значение прочности бетона на сжатие, полученное как среднее из нескольких значений по результатам испытаний образцов-кубов в соответствии с ГОСТ 10180 [3] и методами неразрушающего контроля в соответствии с требованиями СТБ 2264 [2].

Единичное значение прочности бетона f_{ci} (в мегапаскалях), при контроле прочности бетона неразрушающими методами: средняя прочность бетона сборной конструкции или средняя прочность бетона контролируемого участка монолитной конструкции, определенная в соответствии действующими ТНПА на методы неразрушающего контроля.

Класс бетона по прочности на сжатие – количественная величина, характеризующая качество бетона, соответствующая его гарантированной прочности на осевое сжатие, обозначаемая буквой «С» и числами, указывающими: перед чертой – нормативное сопротивление f_{ck} , МПа, после черты – гарантированную (кубиковую) прочность бетона $f_{c^G,cube}$, МПа,

определяемые с учетом статистической изменчивости прочности с гарантируемой обеспеченностью 0,95 [4].

Соответствие требуемому классу бетона по прочности на сжатие устанавливают, определяя нормативное сопротивление f_{ck} , МПа, или гарантированную (кубиковую) прочность бетона f_c^G , с обработкой результатов испытаний.

Основными статистическими характеристиками, используемыми при контроле прочности бетона по ГОСТ 18105 [5], являются показатели среднего значения прочности и ее разброс.

Средняя прочность бетона рассчитывается как среднее арифметическое

$$f_{c,cube,F} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{c,i}}{N}, \quad (2.1)$$

где $f_{c,i}$ – единичный результат прочности бетона;

N – число единичных результатов.

На основе ускоренной оценки фактической прочности бетона можно исключить промахи, т. е. результаты, не попадающие в доверительный интервал:

$$\frac{f_{c,max} - f_{c,min}}{f_{c,cube,F}} \leq q_{crit}, \quad (2.2)$$

где q_{crit} – статистический коэффициент, учитывающий объем испытаний (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Значение коэффициента q_{crit}

N	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
q_{crit}	0,23	0,28	0,31	0,34	0,37	0,39	0,41	0,42	0,43	0,45

Разброс отдельных результатов определения прочности бетона может оцениваться различными величинами: размахом, дисперсией, среднеквадратическим отклонением, называемым также «стандартом», коэффициентом вариации.

Характеристические значения прочности бетона на сжатие $f_{ck,is}$ в конструкции по результатам испытаний, полученных методами неразрушающего контроля, определяют по формуле

$$f_{ck,is} = f_{c,min} - \lambda_1 \cdot \Delta_{2-1} - \lambda_2 \cdot \Delta_{3-2}, \quad (2.3)$$

где $f_{c,min}$ – наименьшее значение в группе из N последовательных значений f_{ci} испытаний (при N от 3 до 15), $f_{c,min} = f_{c1}$;

Δ_{2-1} , Δ_{3-2} – неотрицательные разности,

$$\Delta_{2-1} = f_{c\{2\}} - f_{c\{1\}}; \quad (2.4)$$

$$\Delta_{3-2} = f_{c\{3\}} - f_{c\{2\}}; \quad (2.5)$$

$f_{c\{1\}}$, $f_{c\{2\}}$, $f_{c\{3\}}$ – соответственно первый, второй и третий члены вариационного ряда, составленного по возрастанию единичных результатов испытаний f_{ci} ;

λ_1 , λ_2 – безразмерные тестовые коэффициенты; определяют по таблице 2.2 [2, таблица 2].

Таблица 2.2 – Значения тестовых коэффициентов λ_1 и λ_2

N	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
λ_1	0,38	0,38	0,34	0,28	0,23	0,17	0,11	0,05	0,00	-0,05	-0,10	-0,14	-0,19
λ_2	0,68	0,66	0,62	0,56	0,50	0,44	0,39	0,34	0,29	0,24	0,20	0,15	0,12

При необходимости контроль прочности бетона на сжатие при обследовании зданий и сооружений при выборочном контроле прочности в монолитных конструкциях и (или) невозможности проведения сплошного контроля допускается проводить нестатистическим методом.

При этом рассчитывают условный класс бетона $B_{усл}$ по формуле

$$B_{усл} = f_{c,cube,F} \cdot 0,8 \quad (2.6)$$

и производят его сравнение на соответствие гарантированной прочности $B_{норм}$:

$$B_{усл} \geq B_{норм}, \quad (2.7)$$

где $B_{норм} = f_c^G, cube$.

2.1.2 Обработка результатов испытаний согласно положениям Еврокода.

Прочность бетона железобетонных конструкций определяется в соответствии с СТБ 2264 [2].

Разброс отдельных результатов определения прочности бетона может оцениваться различными величинами: размахом, дисперсией, среднеквадратическим отклонением (называемым также стандартным отклонением или стандартом), коэффициентом вариации.

За основные характеристики разброса, оценивающие однородность бетона по прочности приняты: среднеквадратичное (стандартное) отклонение S и коэффициент вариации V согласно СН 2.01.01 [6].

Среднее квадратическое (стандартное) отклонение:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c,i} - m)^2}{N - 1}}, \quad (2.8)$$

где m – математическое ожидание для результатов испытания прочности бетона (среднее значение результатов N измерений).

Коэффициент вариации

$$V = \frac{s}{m}. \quad (2.9)$$

В статистике принято, что, если значение коэффициента вариации менее 33 %, то совокупность считается однородной, если больше 33 %, то неоднородной.

Согласно ГОСТ 10180 [3] средний внутрисерийный коэффициент вариации прочности бетона \bar{V} , %, определяется по результатам испытания любых последовательных серий образцов бетона одного класса. Для этого определяются усредненный размах \bar{W} , МПа, и средняя прочность бетона f_{cm} по всем сериям:

$$W_i = f_{c,\max} - f_{c,\min}; \quad (2.10)$$

$$\bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{N}; \quad (2.11)$$

$$\bar{V} = \frac{\bar{W}}{df_{cm}} \cdot 100, \quad (2.12)$$

где d – коэффициент, принимаемый в зависимости от числа образцов n по таблице 2.3

Таблица 2.3 – Значение коэффициента d

N	2	3	4	6
d	1,13	1,69	2,06	2,5

При небольших объемах выборок ($n \leq 50$), характерных для испытания бетонных и железобетонных конструкций, для построения доверительного интервала математического ожидания используют распределение Стьюдента (t -распределение) [7].

Распределение Стьюдента имеет величина t :

$$t = \frac{\bar{x} - m}{s} \cdot \sqrt{N}, \quad (2.13)$$

где \bar{x} – среднее значение исследуемого параметра;

m – математическое ожидание;

s – среднее квадратическое отклонение (стандарт);

N – число наблюдений.

Распределение Стьюдента зависит только от числа степеней свободы $f = N - 1$, с которым определена выборочная дисперсия.

При малом числе наблюдений ($N < 20$) с учетом того, что при нормальном законе распределения $\bar{x} \approx m$, границы доверительного интервала, в котором с заданной вероятностью (обеспеченностью), находится случайная погрешность среднего арифметического, определяется по формуле

$$\Delta_{ep} = \pm t \cdot s_x, \quad (2.14)$$

где s_x – среднее квадратическое отклонение среднего арифметического;

t – коэффициент, определяемый по таблицам функции Стьюдента (таблица А.1).

При малом числе наблюдений ($N < 20$) применяют критерий Романовского β_m (таблица А. 2).

При этом должно выполняться условие

$$\beta = \left| \frac{x_i - \bar{x}}{s_x} \right| < \beta_m. \quad (2.15)$$

При $\beta \geq \beta_m$ результат считается промахом и отбрасывается.
Гарантированное значение прочности бетона

$$f_{ck,cube} = f_{cm} \cdot (1 - \alpha V), \quad (2.16)$$

где α – статистический параметр, принимаемый равным 1,64 для принятой обеспеченности нормативных значений 0,95.

Характеристическое (нормативное) значение сопротивления бетона с учетом статистической изменчивости свойств бетона, определяется по формуле

$$f_{ck} = 0,8 f_{ck,cube}. \quad (2.17)$$

Важное значение в статистике испытаний имеют:

– среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (средняя ошибка среднего значения)

$$s_m = \pm \frac{s}{\sqrt{N}}; \quad (2.18)$$

– показатель точности исследования среднего значения

$$P = \frac{s_m}{m} \cdot 100 \%. \quad (2.19)$$

Показатель точности характеризует надежность эксперимента: чем точнее производится испытание, тем ниже этот показатель.

Согласно СН 2.01.01 [6] характеристические значения прочности бетона определяются с доверительной вероятностью 95 % (квантиль 5 %), поэтому надежность испытания обеспечена при $P \leq 5 \%$.

2.2 Методика установления градуировочных зависимостей и оценка их погрешностей

В последние годы значительно возросла популярность методов оценивания *in-situ* прочности бетона при применении приборов неразрушающего контроля либо комбинаций результатов непрямых испытаний с результатами испытаний выбуриваемых кернов.

Градуировка – установление надежных корреляционных зависимостей между *in-situ* прочностью бетона и косвенной характеристикой применяемого прибора неразрушающего контроля.

Здесь следует оговориться, что одной из наиболее распространенных ошибок при выполнении оценивания *in-situ* прочности бетона с привлечением приборов неразрушающего контроля является применение в качестве градуировочных зависимостей т. н. универсальных или базовых зависимостей, прописанных в измерительном алгоритме прибора. На данный шаг пользователя подталкивает сам факт наличия такой зависимости в программном обеспечении, заложенном в приборе (что декларируется изготовителем) и связанная с этим иллюзия получения достоверного результата испытаний, т. к. он индицируется в единицах прочности.

Следует отметить, что в версии межгосударственного стандарта ГОСТ 22690, введенного в Республике Беларусь в 2016 г. (в настоящий момент замене на СТБ 2264 [2]), появилась следующая важная запись: «Показания приборов, градуированных в единицах прочности бетона, следует рассматривать как косвенный показатель прочности бетона. Указанные приборы следует использовать только после установления градуировочной зависимости «показание прибора – прочность бетона» или привязки установленной зависимости в приборе».

Градуировочные зависимости с оценкой их погрешностей устанавливаются в следующей последовательности согласно СТБ 2264 [2, приложение Б]. Уравнение зависимости «косвенная характеристика – прочность» принимают линейным по формуле

$$f_{c,cube,F} = a_0 + a_1 H, \quad (2.20)$$

где $f_{c,cube,F}$ – фактическая кубиковая прочность бетона, МПа;

a_0, a_1 – поправочные коэффициенты;

H – единичное значение косвенной характеристики прочности.

Коэффициенты a_0 и a_1 вычисляются по формулам

$$a_0 = \bar{f}_{c,\phi} - a_1 \bar{H}; \quad (2.21)$$

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})(f_{ci,\phi} - \bar{f}_{c,\phi})}{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}, \quad (2.22)$$

где $\bar{f}_{c,\phi}$ – среднее значение кубиковой прочности бетона;

\bar{H} – среднее значение косвенной характеристики прочности;

$f_{ci,\phi}$, H_i – единичные значения прочности бетона и косвенной характеристики соответственно для серий образцов (отдельных образцов) по ГОСТ 10180 [3].

Прочность бетона по результатам на сжатие в i -й серии образцов (i -м образце) $f_{ci,H}$ вычисляется по градуировочной зависимости по формуле

$$f_{ci,H} = a_0 + a_i H_i. \quad (2.23)$$

После установления градуировочной зависимости по формуле (2.23) производят ее корректировку путем отбраковки единичных результатов испытаний, не удовлетворяющих условию

$$\frac{|f_{ci,H} - f_{ci,\phi}|}{S_T} \leq 2, \quad (2.24)$$

где S_T – остаточное среднее квадратическое отклонение,

$$S_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci,H} - f_{ci,\phi})^2}{N - 2}}. \quad (2.25)$$

После отбраковки единичных результатов испытаний градуировочную зависимость устанавливают заново по оставшимся результатам испытаний.

Погрешность определения прочности бетона по установленной градуировочной зависимости вычисляют по формуле (2.24).

Для серии образцов должно выполняться условие

$$\frac{S_T}{\bar{f}_{c,\phi}} \cdot 100 \% \leq 12 \%. \quad (2.26)$$

Если условие (2.26) не выполняется, то проведение контроля и оценка прочности по полученной градуировочной зависимости не допускаются.

Затем делят испытанные серии образцов на две группы.

К первой группе относят серии образцов, единичные значения косвенной характеристики которых не превышают их среднее значение H : $H_i < \bar{H}$.

Ко второй группе относят остальные серии образцов, т. е. те, у которых $H_i \geq \bar{H}$.

Градуировочную зависимость допускается использовать при одновременном выполнении следующих условий:

– значение разности ($f_{ci,\phi} - f_{ci,H}$) не должно иметь одинакового знака в пяти из шести испытанных сериях образцов;

– значение разности ($f_{ci,\phi} - f_{ci,H}$) не должно иметь одинакового знака для серий образцов первой и второй групп;

– среднее квадратическое отклонение прочности бетона S_n в испытанных сериях образцов не должно превышать среднее квадратическое отклонение используемой градуировочной зависимости более чем в 1,5 раза, т. е.

$$S_n \leq 1,5S_T, \quad (2.27)$$

здесь

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci,H} - f_{ci,\phi})^2}{N-1}}. \quad (2.28)$$

При невыполнении хотя бы одного из условий, градуировочную зависимость устанавливают повторно.

Градуировочную зависимость следует устанавливать таким образом, чтобы при принятом уровне обеспеченности 90 % значений характеристической прочности на сжатие превышали оцениваемое значение (т. е. 90-процентное покрытие результатов).

Пример 1 – В качестве метода неразрушающего контроля прочности бетона часто применяется один из методов местных разрушений – метод ударного импульса, сущность которого заключается в регистрации энергии удара, возникающей в момент соударения бойка с поверхностью бетона. Испытания проведены при помощи прибора ИПС-МГ4.01. Поверхность бетона, подверженная испытанию, была сухой и гладкой, температура наружного воздуха – положительная. Методом ударного импульса контролируют прочность бетона проектного класса по прочности на сжатие С16/20.

Для установления градуировочной зависимости в течение 5 сут было испытано 20 серий образцов размерами $100 \times 100 \times 100$ мм ($N = 20$): $f_{c,i} = 18,7; 26,7; 24,0; 23,6; 16,0; 27,6; 25,3; 32,2; 26,5; 22,2; 18,4; 31,8; 23,5; 24,4; 20,4; 31,3; 24,9; 26,2; 25,8; 21,0$ МПа.

Средние значения косвенных характеристик для каждой серии образцов (результаты испытания прибором ИПС-МГ4.01): $H_i = 17,7; 18,67; 17,8; 18,1; 16,0; 19,2; 17,8; 19,6; 18,8; 17,8; 16,4; 19,2; 18,5; 19,1; 17,6; 19,2; 18,4; 18,8; 17,2; 17,3$ МПа.

Вывести градуировочную зависимость для используемого прибора неразрушающего контроля прочности.

Решение

Вычисляем средние значения кубиковой прочности бетона и косвенных характеристик прочности:

$$\overline{f_{ci,\phi}} = \frac{18,7 + 26,7 + \dots + 21,0}{20} = 24,53 \text{ МПа};$$

$$\overline{H} = \frac{17,7 + 18,6 + \dots + 17,3}{20} = 18,16 \text{ МПа}.$$

Вычисляем значения коэффициентов a_1 и a_0 :

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})(f_{c,i} - \bar{f}_{c,i,\phi})}{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2} =$$

$$= \frac{(17,7 - 18,16)(18,7 - 24,53) + \dots + (17,3 - 18,16)(21,0 - 24,53)}{(17,7 - 18,16)^2 + (18,6 - 18,16)^2 + \dots + (17,3 - 18,16)^2} = 3,86;$$

$$a_0 = \bar{f}_{c,i,\phi} - a_1 \bar{H} = 24,53 - 3,86 \cdot 18,16 = -45,55.$$

Таким образом, градуировочную зависимость описываем уравнением

$$f_{c,H} = 3,86H - 45,55.$$

Расчет удобно проводить в табличной форме. Значения прочностей $f_{c,H}$, рассчитанные по градуировочной зависимости, приведены в таблице 2.4.

Вычисляем остаточное среднее квадратическое отклонение

$$S_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c,i,H} - f_{c,i,\phi})^2}{N - 2}} = \sqrt{\frac{(18,7 - 22,75)^2 + \dots + (21 - 21,21)^2}{20 - 2}} = 2,32.$$

Для каждой серии образцов проверяем условие

$$\frac{|f_{c,i,H} - f_{c,i,\phi}|}{S_T} < 2.$$

Серия образцов, для которой данное условие не выполняется, подлежит отбраковке.

Из таблицы 2.4 видно, что условие не выполняется для серии 19, поэтому результаты этой серии являются промахом и в расчете учитываться не должны.

Расчет повторяет для оставшихся 19 серий образцов (таблица 2.5).

В результате расчета получаем: $\bar{H} = 18,21$ МПа; $\bar{f}_{c,i,\phi} = 24,46$ МПа; $a_1 = 4,16$; $a_0 = -51,24$; $S_T = 2,02$ МПа.

Окончательно градуировочную зависимость описываем уравнением

$$f_{c,H} = 4,16H - 51,24.$$

По условию (2.21) определяем погрешность полученной градуировочной зависимости:

$$\frac{S_T}{f_{c,\phi}} \cdot 100 \% = \frac{2,02}{24,46} \cdot 100 \% = 8,2 \% < 12 \%.$$

По установленной градуировочной зависимости определение прочности бетона может производиться по СТБ 2264 [2].

Таблица 2.4 – Установление градуировочной зависимости до отбраковки результатов испытаний

Номер серии	Результат испытания прибором H_i , МПа	Прочность бетона по результатам испытания на сжатие $f_{ci,ф}$, МПа	Вычисление коэффициента a_1				Для вычисления s_T	Прочность бетона по градуировочной зависимости $f_{ci,H}$, МПа	Проверка условия $\left \frac{f_{ci,H} - f_{ci,ф}}{s_T} \right < 2$
			$(H_i - \bar{H})$	$(H_i - \bar{H})^2$	$(f_{ci,ф} - \bar{f}_{ci,ф})$	$(H_i - \bar{H})(f_{ci,ф} - \bar{f}_{ci,ф})$			
1	17,7	18,7	-0,460	0,212	-5,825	2,680	16,403	1,75	Выполняется
2	18,7	26,7	0,540	0,292	2,175	1,175	0,008	0,04	Выполняется
3	17,8	24,0	-0,360	0,130	-0,525	0,189	0,747	0,37	Выполняется
4	18,1	23,6	-0,060	0,004	-0,925	0,055	0,481	0,30	Выполняется
5	16,0	16,0	-2,160	4,666	-8,525	18,414	0,036	0,08	Выполняется
6	19,2	27,6	1,040	1,082	3,075	3,198	0,880	0,40	Выполняется
7	17,8	25,3	-0,360	0,130	0,775	-0,279	4,683	0,93	Выполняется
8	19,6	32,2	1,440	2,074	7,675	11,052	4,489	0,91	Выполняется
9	18,8	26,5	0,640	0,410	1,975	1,264	0,244	0,21	Выполняется
10	17,8	22,2	-0,360	0,130	-2,325	0,837	0,876	0,40	Выполняется
11	16,4	18,4	-1,760	3,098	-6,125	10,780	0,444	0,29	Выполняется
12	19,2	31,8	1,040	1,082	7,275	7,566	10,641	1,41	Выполняется
13	18,5	23,5	0,340	0,116	-1,025	-0,348	5,461	1,01	Выполняется
14	19,1	24,4	0,940	0,884	-0,125	-0,118	14,078	1,62	Выполняется
15	17,6	20,4	-0,560	0,314	-4,125	2,310	3,858	0,85	Выполняется
16	19,2	31,3	1,040	1,082	6,775	7,046	7,629	1,19	Выполняется
17	18,4	24,9	0,240	0,058	0,375	0,090	0,304	0,24	Выполняется
18	18,8	26,2	0,640	0,410	1,675	1,072	0,631	0,34	Выполняется
19	17,2	25,8	-0,960	0,922	1,275	-1,224	24,792	2,15	Отбраковка
20	17,3	21,0	-0,860	0,740	-3,525	3,032	0,043	0,09	Выполняется
	$\bar{H} = 18,16$	$\bar{f}_{c,ф} = 24,53$	$\Sigma = 17,828$	$\Sigma = 68,790$	$\Sigma = 96,729$	$\Sigma = 68,790$	$\Sigma = 96,729$		
			$a_1 = 3,86$	$a_0 = -45,55$			$s_T = 2,32$ МПа		
Градуировочная зависимость $f_{c,H} = 3,86H - 45,55$									

Таблица 2.5 – Установление градуировочной зависимости после отбраковки результатов испытаний

Но- мер се- рии	Результат испытания прибором H_i , МПа	Прочность бетона по результатам испытания на сжатие $f_{ci,ф}$, МПа	Вычисление коэффициента a_1			Для вычисле- ния s_T	Прочность бетона по гра- дуировочной зависимости $f_{ci,H}$, МПа	$\frac{ f_{ci,H} - f_{ci} }{s_T}$	Проверка условия $\frac{ f_{ci,H} - f_{ci} }{s_T} < 2$
			$(H_i - \bar{H})$	$(H_i - \bar{H})^2$	$(f_{ci,ф} - \bar{f}_{ci,ф})$				
1	17,7	18,7	-0,511	0,261	-5,758	2,940	13,218	1,80	Выполняется
2	18,7	26,7	0,489	0,240	2,242	1,097	0,043	0,10	Выполняется
3	17,8	24,0	-0,411	0,169	-0,458	0,188	1,559	0,62	Выполняется
4	18,1	23,6	-0,111	0,012	-0,858	0,095	0,159	0,20	Выполняется
5	16,0	16,0	-2,211	4,886	-8,458	18,696	0,535	0,36	Выполняется
6	19,2	27,6	0,989	0,979	3,142	3,109	0,943	0,48	Выполняется
7	17,8	25,3	-0,411	0,169	0,842	-0,346	6,496	1,26	Выполняется
8	19,6	32,2	1,389	1,931	7,742	10,757	3,865	0,97	Выполняется
9	18,8	26,5	0,589	0,347	2,042	1,204	0,167	0,20	Выполняется
10	17,8	22,2	-0,411	0,169	-2,258	0,927	0,304	0,27	Выполняется
11	16,4	18,4	-1,811	3,278	-6,058	10,968	2,156	0,73	Выполняется
12	19,2	31,8	0,989	0,979	7,342	7,265	10,425	1,60	Выполняется
13	18,5	23,5	0,289	0,084	-0,958	-0,277	4,671	1,07	Выполняется
14	19,1	24,4	0,889	0,791	-0,058	-0,051	14,103	1,86	Выполняется
15	17,6	20,4	-0,611	0,373	-4,058	2,477	2,310	0,75	Выполняется
16	19,2	31,3	0,989	0,979	6,842	6,770	7,447	1,35	Выполняется
17	18,4	24,9	0,189	0,036	0,442	0,084	0,119	0,17	Выполняется
18	18,8	26,2	0,589	0,347	1,742	1,027	0,502	0,35	Выполняется
19	17,3	21,0	-0,911	0,829	-3,458	3,149	0,107	0,16	Выполняется
	$\bar{H} = 18,21$	$\bar{f}_{ci,ф} = 24,46$	$\sum = 16,858$	$\sum = 70,078$	$\sum = 70,078$	$\sum = 69,130$			
			$a_1 = 4,16$	$a_0 = -51,24$					
	Градуировочная зависимость		$f_{ci,H} = 4,16H - 51,24$			$s_T = 2,02$ МПа			

В журнале оформления градуировочной зависимости должна быть указана следующая информация: наименование предприятия, для которого установлена градуировочная зависимость; наименование неразрушающего метода, тип прибора и его заводской номер; состав бетона, вид цемента и заполнителя, максимальная крупность заполнителя, класс бетона, условия твердения; значение s_T и отношение $s_T / f_{c,cube,F}$; минимальное и максимальное значения прочностей бетона, которые можно определять по данной градуировочной зависимости; подписи исполнителя и руководителя подразделения, устанавливавших градуировочную зависимость.

Пример 2 – В качестве метода неразрушающего контроля прочности бетона применялся метод ударного импульса. Испытания проведены прибором ИПС-МГ4.01, позволяющего с достаточной точностью (в рамках требований ГОСТ $\pm 10\%$) определить фактическую прочность бетона каждой обследованной железобетонной конструкции. Поверхность бетона, подверженная испытанию, была сухой и гладкой, температура наружного воздуха – положительная. На каждом участке конструкции прочность бетона определялась в 15 местах, равномерно распределенных друг от друга по длине и высоте конструкции. Прибор прошел проверку в специализированной лаборатории, поэтому корректировка градуировочной зависимости не требуется.

По результатам испытания колонн в пределах одного этажа получены следующие результаты: $f_{c,i} = 27,3; 33,5; 35,7; 35,3; 28,3; 28,4; 28,7; 33,1; 41,7; 27,2; 29,5; 34,1; 29,1; 28,4; 41,7$ МПа.

Определить условный класс бетона колонн для последующего поверочного расчета.

Решение

Средняя прочность бетона при числе испытаний $N = 14$:

$$f_{c,cube,F} = \frac{27,3 + 33,5 + \dots + 28,4}{14} = 31,45 \text{ МПа.}$$

На основе ускоренной оценки по фактической прочности бетона можно исключить промахи, т. е. результаты, не попадающие в доверительный интервал. Проверку проводим по условию (2.2) при $f_{c,max} = 41,7$ МПа, $f_{c,min} = 27,2$ МПа (коэффициент q определяется по таблице 2.1):

$$\frac{f_{c,max} - f_{c,min}}{f_{c,cube,F}} = \frac{41,7 - 27,2}{31,45} = 0,46 > q_{crit} = 0,45.$$

Так как условие (2.2) не выполняется, то проводим отбраковку результатов испытаний: из расчета исключаем значение, имеющее максимальное отклонение от среднего (математическое ожидание для нормального распределения).

$$f_{c,\max} - f_{c,cube,F} = 41,7 - 31,45 = 10,25 \text{ МПа};$$

$$f_{c,cube,F} - f_{c,\min} = 31,45 - 27,2 = 4,25 \text{ МПа}.$$

Из расчета исключаем $f_{c,\max} = 41,7$ МПа, тогда при $N = 13$ средняя прочность бетона

$$f_{c,cube,F} = \frac{27,3 + 33,5 + \dots + 28,4}{13} = 30,66 \text{ МПа}.$$

Проверяем условие (2.2) при $f_{c,\max} = 35,7$ МПа, $q_{crit} = 0,45$:

$$\frac{f_{c,\max} - f_{c,\min}}{f_{c,cube,F}} = \frac{35,7 - 27,2}{30,66} = 0,28 \leq q_{crit} = 0,45.$$

Среднее квадратическое (стандартное) отклонение

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c,i} - f_{c,cube,F})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(27,3 - 30,66)^2 + \dots + (28,4 - 30,66)^2}{13-1}} = 3,16 \text{ МПа}.$$

Коэффициент вариации

$$V = \frac{s}{f_{c,cube,F}} = \frac{3,16}{30,66} = 0,10.$$

Используя распределение Стьюдента (t -распределение), получаем гарантированное значение прочности бетона (параметр $\alpha = 1,64$):

$$f_{ck,cube} = f_{c,cube,F} (1 - \alpha V) = 30,66 - 1,64 \cdot 0,10 = 25,49 \text{ МПа}.$$

Характеристическое (нормативное) значение сопротивления бетона с учетом статистической изменчивости свойств бетона:

$$f_{ck} = 0,8 f_{ck,cube} = 0,8 \cdot 25,49 = 20,39 \text{ МПа}.$$

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (средняя ошибка среднего значения)

$$s_{f_m} = \pm \frac{s}{\sqrt{N}} = \pm \frac{3,16}{\sqrt{13}} = 0,88.$$

Показатель точности исследования среднего значения

$$P = \frac{s_{f_m}}{f_{c,cube,F}} \cdot 100 \% = \frac{0,88}{30,66} \cdot 100 \% = 2,9 \% < 5 \%.$$

Показатель точности находится в пределах рекомендуемых 5 %.

Таким образом, получаем условный класс бетона колонн С' 20,4/25,5.

Пример 3 – В качестве метода неразрушающего контроля прочности бетона применен один из методов местных разрушений – метод ударного импульса, сущность которого заключается в регистрации энергии удара, возникающей в момент соударения бойка с поверхностью бетона. Испытания проведены при помощи прибора ИПС-МГ4.01, позволяющего с достаточной точностью (в рамках требований ГОСТ ± 10 %) определить фактическую прочность бетона каждой обследованной железобетонной конструкции. Прибор прошел проверку в специализированной лаборатории, поэтому корректировка градуировочной зависимости не требуется. Поверхность бетона, подверженная испытанию, была сухой и гладкой, температура наружного воздуха – положительная. При испытаниях методом упругого отскока и методом ударного импульса расстояние от мест проведения испытаний до арматуры должно быть не менее 50 мм. Это учитывалось при проведении испытаний.

Прочность бетона конструкции определялась не менее, чем в 15-ти местах, равномерно распределенных друг от друга по длине и высоте конструкции. По результатам испытания колонн в пределах одного этажа получены следующие результаты: $f_{c,i} = 40,5; 34,8; 40,3; 42,1; 43,4; 39,5; 40,1; 38,4; 47,0; 43,7; 36,1; 37,4; 38,0; 38,0; 45,3; 41,7; 46,3; 34,3; 44,6; 38,6$ МПа.

Определить характеристическое значение прочности бетона на сжатие.

Решение

Общее число проведенных испытаний $N = 20$. Для анализа прочности согласно СТБ 2264 [2] преобразуем исследуемый диапазон данных в вариационный ряд, т. е. расположим данные в неубывающей последовательности: $f_{c,i} = 34,3; 34,8; 36,1; 37,4; 38,0; 38,0; 38,4; 38,6; 39,5; 40,1; 40,3; 40,5; 41,7; 42,1; 43,4; 43,7; 44,6; 45,3; 46,3; 47,0$ МПа.

Сначала исключим из результатов промахи. Для этого воспользуемся проверкой данных по допустимому значению внутрисерийного коэффициента ва-

риации V , величина которого согласно ГОСТ 10180 [3] при числе испытаний более шести допускается принимать не более 8 %. Принимаем $V_{crit} = 8 \%$.

Находим минимальное, максимальное и среднее значения прочности бетона: $f_{c,\min} = 34,3$ МПа; $f_{c,\max} = 47,0$ МПа;

$$f_{c,cube,F} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{c,i}}{N} = \frac{34,3 + 34,8 + \dots + 47,0}{20} = 40,5 \text{ МПа.}$$

Среднее значение прочности бетона при нормальном законе распределения принимаем равным математическому ожиданию m , т. е. $m = f_{c,cube,F} = 40,5$ МПа при $N = 20$.

Среднее квадратическое отклонение (стандарт):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c,i} - f_{c,cube,F})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(34,3 - 40,5)^2 + \dots + (47,0 - 40,5)^2}{20-1}} = 3,69 \text{ МПа.}$$

Внутрисерийный коэффициент вариации

$$V = \frac{s}{m} \cdot 100 \% = \frac{3,69}{40,5} \cdot 100 \% = 9,1 \%$$

Так как $V = 9,1 \% > V_{crit} = 8 \%$, из результатов испытаний исключаем значение, наиболее отличающееся от среднего. В данном случае исключаем $f_{c,\max} = 47,0$ МПа.

Повторяем расчет:

$$N = 19; f_{c,\min} = 34,3 \text{ МПа; } f_{c,\max} = 46,3 \text{ МПа;}$$

$$m = f_{c,cube,F} = \frac{34,3 + 34,8 + \dots + 46,3}{19} = 40,2 \text{ МПа;}$$

$$s = \sqrt{\frac{(34,3 - 40,2)^2 + \dots + (46,3 - 40,2)^2}{19-1}} = 3,44 \text{ МПа;}$$

$$V = \frac{3,44}{40,2} \cdot 100 \% = 8,6 \%$$

Так как $V = 8,6 \% > V_{crit} = 8 \%$, из результатов испытаний исключаем значение, наиболее отличающееся от среднего. В данном случае исключаем $f_{c,max} = 46,3$ МПа.

Повторяем расчет:

$$N = 18; f_{c,min} = 34,3 \text{ МПа}; f_{c,max} = 45,1 \text{ МПа};$$

$$m = f_{c,cube,F} = \frac{34,3 + 34,8 + \dots + 45,1}{18} = 39,8 \text{ МПа};$$

$$s = \sqrt{\frac{(34,8 - 39,8)^2 + \dots + (45,1 - 39,8)^2}{19 - 1}} = 3,20 \text{ МПа};$$

$$V = \frac{3,20}{39,8} \cdot 100 \% = 8,0 \%$$

Так как $V = 8,0 \%$ не превышает $V_{crit} = 8 \%$, считаем, что в результатах промахов нет.

Для обработки по СТБ 2264 [2] оставляем первые 15 результатов: $f_{c,i} = 34,3; 34,8; 36,1; 37,4; 38,0; 38,0; 38,4; 38,6; 39,5; 40,1; 40,3; 40,5; 41,7; 42,1; 43,4; 43,7$ МПа; $N = 15$.

Тогда

$$f_{c,min} = f_{c1} = 34,3 \text{ МПа};$$

$$f_{c2} = 34,8 \text{ МПа};$$

$$f_{c3} = 36,1 \text{ МПа}.$$

Неотрицательные разности:

$$\Delta_{2-1} = f_{c\{2\}} - f_{c\{1\}} = 34,8 - 34,3 = 0,5 \text{ МПа};$$

$$\Delta_{3-2} = f_{c\{3\}} - f_{c\{2\}} = 36,1 - 34,8 = 1,3 \text{ МПа}.$$

По таблице 2.2 принимаем значения коэффициентов:

$$\lambda_1 = -0,19; \lambda_2 = 0,12.$$

Характеристические значения прочности бетона на сжатие $f_{ck,is}$ в конструкции по результатам испытаний, полученных методами неразрушающего контроля, определяем по формуле (2.3):

$$f_{ck,is} = f_{c,min} - \lambda_1 \cdot \Delta_{2-1} - \lambda_2 \cdot \Delta_{3-2} = 34,3 - 0,19 \cdot 0,5 + 0,12 \cdot 1,3 = 34,24 \text{ МПа}.$$

Таким образом, по результатам неразрушающего контроля прочности принимаем характеристическое значение прочности бетона на сжатие $f_{ck} = 34,24$ МПа.

Пример 4 – Найти условно-истинное значение расстояния между ориентирами осей здания при пятикратном измерении этого расстояния и определить доверительный интервал, в котором находится это значение, с доверительной вероятностью 0,95.

Результаты измерений: $x_i = 20,150; 20,155; 20,155; 20,160; 20,165$ м.

Решение

Находим среднее арифметическое значение по результатам измерений:

$$\bar{x} = \frac{20,150 + 20,155 + 20,155 + 20,160 + 20,165}{5} = 20,157 \text{ м.}$$

Расчет проведем в табличной форме (таблица 2.6).

Среднее квадратическое отклонение

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{130}{5-1}} = 5,7 \text{ мм.}$$

Таблица 2.6 – Расчет основных параметров к решению задачи

Номер измерения	Результат измерений x_i , мм	Отклонение от среднего $(x_i - \bar{x})$, мм	$(x_i - \bar{x})^2$
1	20150	-7	49
2	20155	-2	4
3	20155	-2	4
4	20160	3	9
5	20165	8	64
	$\bar{x} = 20157$	$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) = 0$	$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 130$

Проверяем по критерию Романовского 5-й результат измерений, имеющий наибольшее отклонение от среднего: $(x_i - \bar{x})_{\max} = 8$ мм.

$$\beta = \left| \frac{x_i - \bar{x}}{s_x} \right| = \frac{8}{5,7} = 1,4.$$

Уровень значимости

$$q = 1 - p = 1 - 0,95 = 0,05.$$

Для числа наблюдений $N = 5$ и уровня значимости $q = 0,05$ по таблице А.2 находим значение $\beta_m = 1,87$; т. к.

$$\beta = 1,4 < \beta_m = 1,87,$$

то результат не является промахом (не подлежит отбраковке).

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического

$$s_{\bar{x}} = \frac{s_x}{\sqrt{N}} = \frac{5,7}{\sqrt{5}} = 2,55 \text{ мм.}$$

По таблице А.1 для вероятности $p = 0,95$ при числе измерений $n = 5$ находим $t = 2,77$.

Находим границы доверительного интервала:

$$\Delta_{zp} = \pm t \cdot s_{\bar{x}} = \pm 2,77 \cdot 2,55 = 7,06 \text{ мм} \approx 7 \text{ мм.}$$

Таким образом, получаем, что расстояние между ориентирами осей здания равно (20157 ± 7) мм ($20,157 \pm 0,007$) м с обеспеченностью 95 %.

Задачи к практическому занятию № 2

Задача 1. Для установления градуировочной зависимости было испытано 15 серий образцов размерами $150 \times 150 \times 150$ мм: $f_{c,i} = 14,7; 15,2; 16,2; 15,7; 14,8; 14,6; 16,5; 15,8; 13,9; 16,7; 15,7; 15,9; 15,8; 15,1; 14,5$ МПа.

Средние значения косвенных характеристик для каждой серии образцов (результаты испытания прибором ИПС-МГ4.01): $H_i = 15,2; 15,7; 15,7; 14,8; 13,6; 13,5; 15,0; 15,3; 13,1; 13,7; 14,9; 14,5; 15,1; 14,3; 13,8$ МПа.

Вывести градуировочную зависимость для используемого прибора неразрушающего контроля прочности (метод ударного импульса).

Задача 2. Для установления градуировочной зависимости было испытано 10 серий образцов размерами $100 \times 100 \times 100$ мм: $f_{c,i} = 14,2; 14,7; 13,8; 13,7; 14,2; 14,3; 13,7; 13,3; 13,4; 14,1$ МПа.

Средние значения косвенных характеристик для каждой серии образцов (результаты испытания прибором ИПС-МГ4.01): $H_i = 16,2; 15,3; 16,8; 16,5; 15,8; 15,3; 17,2; 16,9; 15,7; 16,0$ МПа.

Вывести градуировочную зависимость для используемого прибора неразрушающего контроля прочности (метод ударного импульса).

Задача 3. Для установления градуировочной зависимости было испытано 20 серий образцов размерами $150 \times 150 \times 150$ мм: $f_{c,i} = 19,2; 19,5; 18,6; 18,3; 20,5; 21,2; 19,3; 20,1; 20,1; 20,0; 19,5; 19,7; 18,9; 19,1; 20,2; 21,1; 20,4; 19,6; 19,9; 20,9; 20,6$ МПа.

Средние значения косвенных характеристик для каждой серии образцов (результаты испытания прибором ИПС-МГ4.01): $H_i = 18,9; 19,0; 18,4; 18,5; 19,6; 20,8; 19,5; 19,6; 20,6; 18,9; 18,9; 18,0; 18,3; 19,8; 19,7; 19,6; 18,8; 19,0; 20,1; 19,5$ МПа.

Вывести градуировочную зависимость для используемого прибора неразрушающего контроля прочности (метод ударного импульса).

Задача 4. Прочность бетона колонн монолитного железобетонного каркаса определялась методом ударного импульса при помощи поверенного прибора. По результатам испытания колонн получены следующие результаты.

Вариант 1. $f_{c,i} = 34,2; 38,8; 29,7; 34,8; 34,2; 34,3; 29,0$ МПа.

Вариант 2. $f_{c,i} = 36,0; 37,2; 39,6; 36,9; 26,3; 28,3; 39,0$ МПа.

Вариант 3. $f_{c,i} = 36,0; 37,2; 39,6; 36,9; 26,3; 28,3; 39,0$ МПа.

Вариант 4. $f_{c,i} = 24,7; 23,3; 22,2; 33,2; 24,1; 25,7; 24,4; 24,3; 33,0; 25,6$ МПа.

Определить условный класс бетона колонн для последующего поверочного расчета.

Задача 5. Прочность бетона диафрагм жесткости монолитного железобетонного каркаса определялась методом ударного импульса при помощи поверенного прибора. По результатам испытания колонн получены следующие результаты.

Вариант 1. $f_{c,i} = 27,4; 23,4; 29,5; 37,2; 36,4; 37,5; 36,8$ МПа.

Вариант 2. $f_{c,i} = 36,4; 31,8; 26,7; 33,1; 42,3; 26,6$ МПа.

Вариант 3. $f_{c,i} = 40,0; 39,6; 37,1; 37,3; 36,7; 37,2; 40,9$ МПа.

Вариант 4. $f_{c,i} = 23,7; 26,6; 29,2; 28,7; 33,8; 30,0; 28,6$ МПа.

Определить условный класс бетона колонн для последующего поверочного расчета.

Задача 6. Определить условный класс бетона монолитной железобетонной колонны, если по результатам испытаний методом ударного импульса получены следующие результаты.

Вариант 1. $f_{c,i} = 24,1; 24,8; 24,0; 23,8; 24,5; 23,9; 24,2; 25,3; 24,1; 24,9; 25,1; 26,3; 26,1$ МПа.

Вариант 2. $f_{c,i} = 24,2; 23,0; 23,2; 23,3; 23,5; 24,6; 21,6; 22,9; 23,2; 23,0; 22,8; 21,9; 24,3; 25,1; 23,5$ МПа.

Вариант 3. $f_{c,i} = 21,9; 22,4; 22,6; 22,1; 20,9; 21,6; 22,5; 22,3; 22,9; 21,8; 22,5; 22,4; 22,7; 22,1$ МПа.

Вариант 4. $f_{c,i} = 23,1; 26,8; 23,2; 24,5; 22,9; 21,6; 25,4; 26,5; 24,1; 22,6; 23,5; 24,0; 25,0; 24,3; 23,6$ МПа.

Вариант 5. $f_{c,i} = 24,8; 25,9; 25,1; 24,9; 26,1; 26,3; 25,6; 25,7; 24,9; 26,2; 25,7; 26,3; 25,5; 25,7; 26,1$ МПа.

Вариант 6. $f_{c,i} = 25,1; 24,4; 24,0; 23,8; 23,5; 23,8; 24,8; 24,6; 25,5; 25,3; 25,2; 24,7; 23,9; 25,1; 24,7$ МПа.

Вариант 7. $f_{c,i} = 24,9; 25,3; 25,8; 26,3; 24,8; 25,2; 26,4; 22,2; 24,3; 27,8; 26,8; 25,6; 25,3; 26,2; 25,9$ МПа.

Вариант 8. $f_{c,i} = 25,1; 24,8; 24,5; 23,8; 24,3; 24,2; 24,0; 23,9; 25,1; 24,7; 25,2; 24,9; 24,5; 24,6; 23,0$ МПа.

Вариант 9. $f_{c,i} = 23,6; 25,2; 24,6; 24,1; 24,3; 24,8; 23,9; 23,8; 25,0; 24,8; 23,6; 23,2; 24,2; 24,1; 25,3$ МПа.

Вариант 10. $f_{c,i} = 26,1; 25,4; 25,7; 25,3; 24,9; 26,2; 26,0; 25,3; 25,7; 25,6; 25,1; 25,9; 26,2; 24,2; 25,6$ МПа.

Задача 7. Найти условно-истинное значение расстояния между ориентирами осей здания и определить доверительный интервал, в котором находится это значение, с заданной доверительной вероятностью.

Вариант 1. Результаты измерений: $x_i = 12,050; 12,080; 12,020; 11,890; 11,820; 12,005; 12,050; 12,010; 12,000; 12,030$ м; $p = 0,95$.

Вариант 2. Результаты измерений: $x_i = 12,050; 12,080; 12,020; 11,890; 11,820; 12,005; 12,050; 12,010; 12,000; 12,030$ м; $p = 0,90$.

Вариант 3. Результаты измерений: $x_i = 20,030; 20,060; 19,890; 20,070; 20,060; 20,020; 20,010; 20,080; 19,970; 19,990$ м; $p = 0,95$.

Вариант 4. Результаты измерений: $x_i = 20,030; 20,060; 19,890; 20,070; 20,060; 20,020; 20,010; 20,080; 19,970; 19,990$ м; $p = 0,90$.

Вариант 5. Результаты измерений: $x_i = 36,080; 36,020; 35,990; 35,840; 36,010; 35,980; 36,020$ м; $p = 0,95$.

Вариант 6. Результаты измерений: $x_i = 36,080; 36,020; 35,990; 35,840; 36,010; 35,980; 36,020$ м; $p = 0,90$.

Контрольные вопросы

1 Назовите основные статистические характеристики, используемые при контроле прочности бетона.

2 Объясните, как на основе ускоренной оценки можно исключить промахи в результатах испытаний.

3 Какие характеристики разброса, оценивающие однородность бетона по прочности, приняты как основные согласно СН 2.01.01 [6]?

4 Как по значению коэффициента вариации можно оценить однородность совокупности данных?

5 При каком значении показателя точности P надежность испытания считается обеспеченной?

6 Какой показатель характеризует надежность эксперимента?

7 В общем виде опишите методику установления градуировочных зависимостей.

8 Во сколько раз среднее квадратическое отклонение прочности бетона S в испытанных сериях образцов может превышать среднее квадратическое отклонение используемой градуировочной зависимости согласно СТБ 2264 [2]?

9 В каком случае допускается проведение контроля и оценка прочности по полученной градуировочной зависимости?

3 Система управления качеством строительного-монтажных работ. Основные ТНПА

Качество строительства – комплексная проблема, включающая в себя соблюдение требований строительных норм и правил, государственных стандартов всеми участниками строительного процесса: проектировщиками, заказчиками и подрядчиками, что является залогом долговечности и эксплуатационной надежности возведенных зданий и сооружений, их экологической чистоты, безопасности для людей и, в конечном счете, экономичности при эксплуатации.

Согласно СН 1.03.04 [8] строительная организация обязана обеспечить качество строительного-монтажных работ. Контроль качества строительного-монтажных работ должен осуществляться линейным персоналом и специальными службами, создаваемыми в строительной организации, которые оснащены техническими средствами (средствами измерения и контроля), обеспечивающими необходимую точность, достоверность и полноту контроля.

В таблице 3.1 приведена классификация основных видов контроля качества в строительстве.

Таблица 3.1 – Виды контроля качества в строительстве

Вид контроля	Содержание
1	2
<i>1 По времени проведения</i>	
Входной	Контроль поступающих материалов, изделий и конструкций, грунта, а также технической документации. Осуществляется преимущественно регистрационным методом (по сертификатам, накладным, паспортам и т. п.), а при необходимости – измерительным методом
Операционный	Контроль, выполняемый при производстве работ или непосредственно после их завершения. Осуществляется измерительным методом или техническим осмотром. Результаты фиксируются в общих или специальных журналах работ, журналах геотехнического контроля и других документах, предусмотренных действующей в данной организации системой управления качеством
Приемочный	Контроль, осуществляемый после завершения отдельных видов работ. Хотя приемочный контроль проводится в ходе строительства, он во многих случаях подразумевает участие «внешних» лиц (заказчика или проектировщика). По его результатам принимается документированное решение о пригодности объекта контроля у эксплуатации или выполнению последующих работ
<i>2 По объему проверок</i>	
Сплошной	Контроль, при котором проверяется все количество контролируемой продукции (все стыки, все сваи, все конструкции и т. п.)
Выборочный	Контроль, при котором проверяется какая-то часть количества (выборка) контролируемой продукции. Объем выборки определяется строительными нормами и правилами, проектом и другими документами. Действующие нормативы предполагают случайное размещение точек контроля; выборка устанавливается по ГОСТ 18321 [9] как для продукции, представляемой на контроль способом «россыпь»

Окончание таблицы 3.1

1	2
<i>3 По периодичности</i>	
Непрерывный	Контроль, когда информация о контролируемом параметре технологического процесса поступает непрерывно
Периодический	Контроль, когда информация о контролируемом параметре технологического процесса поступает через определенные промежутки времени
Летучий	Контроль, выполняемый в случайное время (эпизодически), главным образом при нецелесообразности применения сплошного, выборочного непрерывного или периодического контроля
<i>4 По средствам проведения (методу)</i>	
Визуальный	Осмотр без измерительных инструментов
Измерительный	Контроль, выполняемый с применением средств измерений, в том числе лабораторного оборудования
Регистрационный	Контроль, выполняемый путем анализа данных, зафиксированных в документах (сертификатах, актах освидетельствования скрытых работ, общих или специальных журналах работ и т. п.). Применяется при недоступности объекта контроля (например, заделка анкера) или нецелесообразности выполнения других способов контроля

Производственный контроль качества строительно-монтажных работ включает в себя три основных составляющих:

- 1) входной контроль проектной документации, конструкций, изделий, материалов и оборудования, приемку вынесенной в натуру геодезической разбивочной основы;
- 2) операционный контроль строительно-монтажных работ;
- 3) приемочный контроль строительно-монтажных работ.

При **входном контроле** строительных конструкций, изделий, материалов и оборудования производится проверка их соответствия требованиям стандартов, технических условий или технических свидетельств, указанных в проектной документации. При необходимости могут выполняться измерения и контрольные испытания контрольных показателей. Результаты входного контроля обязательно фиксируются ответственным работником в журнале входного контроля.

Операционный контроль осуществляется как в ходе выполнения производственных операций, так и после их завершения с целью обеспечивать Основными документами при операционном контроле качества являются ТНПА в части контроля качества работ и технологические (типовые технологические) карты, содержащие специальные разделы по контролю качества строительно-монтажных работ. Результаты операционного контроля фиксируются в журнале производства работ.

При **приемочном контроле** производится проверка качества выполненных строительно-монтажных работ, а также качества ответственных конструкций. Обычно приемочный контроль производится высшим звеном инженерно-технического состава строительной организации (руководитель организации, главный инженер и т. п.).

Управление качеством строительно-монтажных работ должно осуществляться строительными организациями и включать мероприятия, методы и средства, направленные на обеспечение соответствия качества строительно-монтажных работ и законченных строительством объектов требованиям проектной документации и ТНПА [8]. Это означает, что организация контроля качества включает в себя не только создание документированной системы, но также и постоянную ее актуализацию, разработку и реализацию программ по повышению квалификации инженерного состава предприятия и программ по техническому перевооружению материальной базы строительства.

С целью проверки эффективности ранее выполненного производственного контроля на всех стадиях строительства должен выборочно осуществляться *инспекционный контроль*. Указанный контроль осуществляется специальными службами, если они имеются в составе строительной организации, либо специально создаваемыми для этой цели комиссиями (отдельными специалистами), которые создаются (назначаются) руководителем строительной организации.

В соответствии с законодательством строительная организация обязана *создать специальную службу*, которая будет осуществлять контроль качества строительно-монтажных работ на всех стадиях строительства. При этом у строительных предприятий есть два варианта надлежащей организации контроля качества строительно-монтажных работ, которые тем не менее не являются взаимоисключающими.

Организация может создать и сертифицировать систему менеджмента качества строительно-монтажных работ на основании требований СТБ ISO 9001 [10].

Возможно создать службу контроля качества (далее – СКК) строительно-монтажных работ и аттестовать ее по процедуре, предусмотренной ТКП 45-1.01-221–2010 (02250) [11]. При этом название структурного подразделения, которое создано и аттестовано в соответствии с [11], не имеет принципиального значения – это может быть служба контроля качества, испытательное подразделение, отдел технического контроля, испытательная лаборатория, отдел контроля качества и т. д.

Контрольные вопросы

1 Назовите три основных составляющих производственного контроля качества строительно-монтажных работ.

2 Какие мероприятия включает входной контроль проектной документации, конструкций, изделий, материалов и оборудования?

3 Какие мероприятия включает операционный контроль выполнения производственных операций?

4 Какие мероприятия включает приемочный контроль качества выполненных строительно-монтажных работ?

5 С какой целью в строительной организации создается специальная служба контроля качества?

4 Приемочный контроль качества оснований, плитных и свайных фундаментов зданий и сооружений

Приемочный контроль качества оснований и свайных фундаментов зданий и сооружений производится согласно СТБ 1164.0–2012 [12]. Выбор методов и средств контроля, выполнение измерений и обработка их результатов должен осуществляться в соответствии с требованиями СТБ 1164.1–СТБ 1164.5, СТБ 2259.

При использовании грунтов в качестве оснований должны применяться методы строительных работ, не допускающие ухудшения природных свойств грунтов и качества подготовленного основания вследствие замачивания, размыва грунтовыми и поверхностными водами, повреждения механизмами и транспортными средствами, промерзания и выветривания.

Перерыв между окончанием разработки котлована и устройством фундамента, как правило, не допускается. При вынужденных перерывах должны быть приняты меры к сохранению природных свойств грунта. Зачистка дна котлована непосредственно перед устройством фундамента. Переборы грунта основания ниже проектных отметок не допускаются. Случайные переборы в отдельных местах должны быть заполнены местным грунтом или песком и доведены до проектной плотности.

Устройство фундаментов следует осуществлять при наличии акта промежуточной приемки ответственных конструкций – оснований фундаментов (котлованов).

Приемочный контроль производят после завершения этапов и видов работ, скрытых работ и завершения всех работ. При приемочном контроле производится проверка качества выполненных работ по устройству оснований и фундаментов, качества ответственных конструкций. По результатам проверки оформляют актом приемки выполненных работ, актом промежуточной приемки ответственных конструкций, актом освидетельствования скрытых работ, исполнительными схемами анкеров или свай, протоколами испытаний. По результатам приемочного контроля принимают решение о готовности объекта контроля к выполнению последующих работ или к эксплуатации.

Номенклатуру контролируемых показателей качества и виды контроля работ по устройству плитных фундаментов принимают в соответствии с таблицей 4.1, забивных свай – с таблицей 4.2.

Таблица 4.1 – Номенклатура контролируемых показателей качества и виды контроля работ по устройству плитных фундаментов

Наименование контролируемого показателя	Вид контроля		
	Приемочный	Выборочный	Измерительный
1 Соответствие глубины заложения фундаментов проектной документации	Приемочный	Выборочный	Измерительный
2 Точность расположения фундаментов в плане	Операционный	Сплошной	Измерительный
3 Соответствие размеров монолитных фундаментов проектной документации	Операционный	Выборочный (для ленточных). Сплошной (для столбчатых)	Измерительный
4 Соответствие отметок дна и верха стаканов столбчатых монолитных фундаментов проектной документации	Операционный	Сплошной	Измерительный
5 Соответствие положения технологических отверстий, ниш и фундаментных болтов проектной документации	Операционный	Сплошной	Измерительный
6 Отклонение от вертикали монолитных столбчатых фундаментов	Операционный	Выборочный	Измерительный
7 Распалубочная прочность бетона монолитных фундаментов	Операционный	Выборочный	Измерительный
8 Степень уплотнения грунта обратной засыпки	Приемочный	Выборочный	Измерительный

Таблица 4.2 – Номенклатура контролируемых показателей качества и виды контроля работ по устройству фундаментов из забивных свай

Наименование контролируемого показателя	Вид контроля		
	Приемочный	Сплошной	Измерительный
<i>Этап 1. Погружение свай</i>			
1.1 Точность разбивки осей свай	Приемочный	Сплошной	Измерительный
1.2 Отклонение в плане осей свай	Операционный	Сплошной	Измерительный
1.3 Вертикальность оси сваи	Операционный	Сплошной	Измерительный
1.4 Глубина погружения свай	Операционный	Сплошной	Измерительный
1.5 Величина отказа от одного удара	Операционный	Выборочный	Измерительный
1.6 Несущая способность свай	Приемочный	Выборочный	Измерительный
<i>Этап 2. Устройство ростверков</i>			
2.1 Смещение оси оголовка относительно оси сваи	Приемочный	Сплошной	Измерительный
2.2 Смещение оси ростверка относительно разбивочных осей	Приемочный	Сплошной	Измерительный
2.3 Отклонение в отметках поверхностей ростверков	Приемочный	Сплошной	Измерительный
2.4 Толщина растворного шва для безростверковых фундаментов	Операционный	Сплошной	Измерительный

Приемочный контроль устройства фундаментов из забивных свай следует производить в два этапа:

- 1) после завершения работ по погружению свай;
- 2) после выполнения работ по устройству ростверков.

Запрещается устройство ростверков и вывод с площадки сваебойного оборудования до устранения дефектов, выявленных при приемочном контроле работ по погружению свай. Запрещается монтаж конструкций здания до проведения приемочного контроля работ по устройству ростверков.

К акту приемки работ по устройству фундаментов из забивных свай должны быть приложены документы и следующие материалы производства работ и испытаний, выполненных при приемке:

- исполнительная схема расположения свай с указанием их отклонений в плане, по глубине и по вертикали;
- журнал забивки свай;
- сводная ведомость на погруженные забивные сваи;
- результаты определения несущей способности забивных свай.

Контрольные вопросы

1 В соответствие с каким нормативным документом производится приемочный контроль качества оснований и свайных фундаментов зданий и сооружений?

2 Какие виды контроля должны осуществляться при устройстве оснований и фундаментов в зависимости от этапа процесса производства работ?

3 Какими методами контролируют соответствие конструкций сборных фундаментов проектной документации?

4 Что определяют при испытании контрольных образцов при измерительном контроле качества бетонных смесей для монолитных фундаментов?

5 Сколько контролируемых показателей качества учитывается при устройстве плитных фундаментов?

6 Как следует производить приемочный контроль устройства фундаментов из забивных свай?

5 Приемочный контроль качества каменной кладки при возведении каменных конструкций

Приемочный контроль качества каменной кладки при возведении каменных конструкций производится согласно СТБ 2087–2010 [13].

При устройстве каменных и армокаменных конструкций осуществляют входной, операционный и приемочный контроль.

Номенклатура контролируемых показателей качества и вид контроля принимаются в соответствии с таблицей 5.1.

Таблица 5.1 – Номенклатуру контролируемых показателей качества и виды контроля работ при возведении каменных конструкций

Наименование контролируемого показателя	Вид контроля		
	2		
1	2		
1 Температура и влажность наружного воздуха	Операционный	Сплошной	Измерительный
2 Температура раствора для возведения каменных и армокаменных конструкций	Операционный	Сплошной	Измерительный
3 Состояние основания	Операционный	Сплошной	Визуальный
4 Наличие гидро-, пароизоляции	Операционный	Сплошной	Визуальный
5 Отклонение осей конструкций от разбивочных осей	Операционный. Приемочный	Сплошной	Измерительный
6 Соответствие отметок и размеров опорных поверхностей кладки проектной документации	Приемочный	Сплошной	Измерительный
7 Соответствие закрепления в кладке ферм, прогонов, балок, плит перекрытий и консольных конструкций проектной документации	Операционный. Приемочный	Сплошной	Визуальный. Измерительный
8 Отклонение от горизонтали рядов кладки, верха кладки и соответствие отметок верха кладки проектной документации	Операционный. Приемочный	Сплошной	Измерительный
9 Соответствие установки закладных деталей и их антикоррозионной защиты проектной документации	Операционный. Приемочный	Сплошной	Измерительный. Визуальный
10 Толщина конструкций	Операционный. Приемочный	Сплошной. Выборочный	Измерительный
11 Ширина простенков	Операционный. Приемочный	Сплошной. Выборочный	Измерительный
12 Ширина и высота проемов	Операционный	Сплошной	Измерительный
13 Размеры конструктивных и архитектурных деталей (ниши отопления, карнизы, пояски)	Операционный	Сплошной	Измерительный
14 Отклонение от вертикали поверхностей(ровность) и углов кладки	Операционный. Приемочный	Сплошной. Выборочный	Измерительный
15 Отклонение радиуса криволинейных стен	Операционный. Приемочный	Выборочный	Измерительный
16 Отклонение размеров сводов и арок по стреле подъема от проектной документации	Операционный	Сплошной	Измерительный
17 Соответствие перевязки швов проектной документации и требованиям ТНПА	Операционный	Сплошной	Визуальный
18 Ширина швов кладки	Операционный	Сплошной	Измерительный

Окончание таблицы 5.1

1	2		
19 Соответствие полноты заполнения и расшивки швов кладки проектной документации и требованиям ТНПА	Операционный	Сплошной	Визуальный. Измерительный
20 Соответствие армирования кладки и каменных перемычек и крепления кладки проектной документации и требованиям ТНПА	Операционный. Приемочный	Сплошной	Визуальный. Измерительный
21 Соответствие устройства деформационных швов проектной документации	Операционный. Приемочный	Сплошной	Измерительный. Визуальный
22 Соответствие выполнения технологических разрывов кладки требованиям ТНПА	Операционный	Сплошной	Измерительный. Визуальный
23 Соответствие высоты возведения свободно стоящих стен требованиям ТНПА	Операционный	Сплошной	Измерительный

Приемочный контроль осуществляет организация-производитель работ с участием представителя технического надзора заказчика и проектной организации (при необходимости). При приемочном контроле в состав исполнительной документации должны быть включены следующие документы: журнал производства работ, журнал авторского надзора, документы о качестве, сертификаты соответствия и технические свидетельства на материалы и изделия (при необходимости).

Контрольные вопросы

1 Согласно какого ТНПА производится приемочный контроль качества каменной кладки при возведении каменных конструкций?

2 Какие виды контроля осуществляют при устройстве каменных и армокаменных конструкций?

3 Перечислите контролируемые показатели качества при возведении каменных конструкций.

6 Неразрушающие методы контроля прочности бетона конструкций

Одной из основных характеристик бетона является его прочность. В соответствии с действующими нормативными документами контроль прочности бетона может производиться методами неразрушающего контроля. Все методы неразрушающего контроля являются косвенными.

Методы местных разрушений. Это самые точные из методов неразрушающего контроля прочности, поскольку для них допускается использовать универсальную градуировочную зависимость, в которой изменяются всего два параметра: крупность заполнителя (принимают равной 1,0 при крупности менее

50 мм и 1,1 при крупности более 50 мм); тип бетона (тяжелый либо легкий). Приборы, основанные на методах местных разрушений, применяются в основном в монолитном домостроении и при обследовании конструкций зданий и сооружений.

Метод отрыва со скалыванием и скалывания ребра конструкции заключаются в регистрации усилия, необходимого для скалывания участка бетона на ребре конструкции, либо местного разрушения бетона при вырыве из него анкерного устройства. Метод отрыва со скалыванием является единственным неразрушающим методом контроля прочности, для которого в стандартах прописаны градуировочные зависимости.

Метод отрыва стальных дисков заключается в регистрации напряжения, необходимого для местного разрушения бетона при отрыве от него металлического диска, равного усилию отрыва, деленному на площадь проекции поверхности отрыва бетона на плоскость диска. В настоящее время метод используется крайне редко.

Метод отрыва основан на зависимости между прочностными свойствами бетона и усилием, которое необходимо для вырывания из тела бетона специального анкера вместе с частью бетона. Анкеры закладывают в тело бетона при бетонировании или заделывают в специально высверленные отверстия в затвердевшем бетоне.

Недостатки методов местных разрушений: повышенная трудоемкость; необходимость определения оси арматуры и глубины ее залегания; невозможность использования в густоармированных участках; частично повреждает поверхность конструкции.

Методы ударного воздействия на бетон самый распространенный метод неразрушающего контроля прочности бетона.

Метод ударного импульса заключается в регистрации энергии удара, возникающей в момент соударения бойка с поверхностью бетона.

Приборы, использующие данный метод, отличаются небольшим весом и компактностью. Результаты измерений выдаются в единицах измерения прочности на сжатие. После соответствующей настройки данные приборы можно использовать для работы с различными строительными материалами. В приборах типа ИПС предусмотрена возможность установления до 20 индивидуальных градуировок.

Метод упругого отскока заключается в измерении величины обратного отскока ударника при соударении с поверхностью бетона. Типичным представителем приборов для испытаний по этому методу является склерометр Шмидта и его аналоги.

Метод пластической деформации основан на измерении размеров отпечатка, который остался на поверхности бетона после соударения с ней стального шарика. Метод устаревший, но до сих пор его используют из-за дешевизны оборудования (молоток Кашкарова, молоток Физделя).

Ультразвуковой метод заключается в регистрации скорости прохождения ультразвуковых волн. По технике проведения испытаний можно выделить

сквозное ультразвуковых прозвучивание, когда датчики располагают с разных сторон тестируемого образца, и поверхностное прозвучивание, когда датчики расположены с одной стороны. Метод сквозного ультразвукового прозвучивания позволяет, в отличие от всех остальных методов неразрушающего контроля прочности, контролировать прочность не только в приповерхностных слоях бетона, но и прочность тела бетона конструкции. Ультразвуковые приборы могут использоваться не только для контроля прочности бетона, но и для дефектоскопии, контроля качества бетонирования, определения глубины трещин и т. д.

Однако нельзя ультразвуковые приборы использовать для контроля качества высокопрочных бетонов, т. е. диапазон контролируемых прочностей ограничивается классами С 8/10...С 30/40.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите параметры, подвергаемыми неразрушающему контролю в бетонах.
- 2 На какие методы подразделяются методы неразрушающего контроля прочности бетона?
- 3 На какие методы подразделяются методы местных разрушений?
- 4 В чем заключается принцип ультразвукового метода?

7 Контроль качества железобетонных монолитных конструкций

Контроль качества железобетонных монолитных конструкций производится согласно СТБ 1958–2009 [14].

Система показателей качества бетонных и железобетонных изделий и конструкций приведена в СТБ 4.250–94 [15].

Для монолитных бетонных и железобетонных конструкций высотой до 75 м номенклатура контролируемых показателей качества, а также контроль качества работ приведены в СТБ 1958–2009 [14].

Общие требования к возведению монолитных и сборных бетонных и железобетонных конструкций указаны в СТБ EN 13670–2012 [16].

При возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций осуществляют входной, операционный и приемочный контроль. Наименования контролируемых показателей качества и виды контроля при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций принимаются в соответствии с таблицей 7.1.

Таблица 7.1 – Наименования контролируемых показателей качества и виды контроля при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций

Наименование контролируемых показателей	Вид контроля		
1	2		
<i>Опалубочные работы</i>			
1 Комплектность и соответствие состояния элементов опалубки проектной документации и требованиям ТНПА	Операционный	Сплошной	Визуальный
2 Очистка элементов опалубки	Операционный	Сплошной	Визуальный
3 Соответствие смазки опалубки проектной документации и требованиям ТНПА	Операционный	Сплошной	Визуальный
4 Разметка мест установки опалубки	Операционный	Сплошной	Измерительный
5 Перепад лицевой поверхности палубы	Операционный	Сплошной	Измерительный
6 Зазор в стыковых соединениях	Операционный	Сплошной	Измерительный
7 Отклонение геометрических размеров собранной опалубки (длина, высота, внутренний размер поперечного сечения участка, блока, секции опалубки) и опалубки дверных и оконных проемов	Операционный	Сплошной	Измерительный
8 Отклонение от вертикали плоскости щитов на всю высоту, телескопических стоек и опорных башен	Операционный	Сплошной	Измерительный
9 Отклонение от горизонтали плоскости опалубки перекрытий, балок на всю длину выверяемой опалубки	Операционный	Сплошной	Измерительный
10 Отклонение от проектных расстояний между опорами изгибаемых элементов опалубки, тяжами	Операционный	Сплошной	Измерительный
11 Точность установки телескопических стоек, опорных башен в горизонтальной плоскости их опирания	Операционный	Сплошной	Измерительный
12 Отклонение от совмещения рисков геометрических осей в нижнем сечении опалубки с рисками разбивочных осей	Операционный	Сплошной	Измерительный
13 Соответствие сборки и крепления опалубки проекту производства работ	Операционный	Сплошной	Визуальный
<i>Арматурные работы</i>			
14 Соответствие комплектности арматурных изделий проектной документации	Входной	Сплошной	Визуальный
15 Состояние арматурных изделий	Операционный	Сплошной	Визуальный

Продолжение таблицы 7.1

1	2		
16 Отклонение расстояний между отдельно установленными рабочими стержнями	Операционный. Приемочный	Выборочный	Измерительный
17 Отклонение расстояний между рядами арматуры	Операционный. Приемочный	Сплошной. Выборочный	Измерительный
18 Соответствие соединений стержней арматуры проектной и технологической документации	Операционный. Приемочный	Сплошной. Выборочный	Измерительный. Визуальный
19 Отклонение толщины защитного слоя бетона от проектной	Операционный Приемочный	Выборочный	Измерительный
<i>Бетонные работы</i>			
20 Температура окружающего воздуха	Операционный	Выборочный	Измерительный
21 Относительная влажность воздуха	Операционный	Выборочный	Измерительный
22 Состояние основания	Операционный	Сплошной	Визуальный
23 Состав бетонной смеси	Входной. Операционный	Сплошной	Измерительный
24 Удобоукладываемость смеси	Операционный	Выборочный	Измерительный
25 Расслаиваемость бетонной смеси	Операционный	Выборочный	Измерительный
26 Соответствие параметров укладки смеси технологической документации	Операционный	Выборочный	Измерительный. Визуальный
27 Уход за уложенной бетонной смесью	Операционный	Выборочный	Визуальный. Измерительный
28 Соответствие устройства деформационных швов проектной документации	Операционный	Сплошной	Измерительный
29 Прочность бетона	Приемочный	Сплошной	Измерительный
<i>Соответствие законченных конструкций проектной документации</i>			
30 Внешний вид поверхностей конструкций	Приемочный	Сплошной	Визуальный
31 Отклонение от прямолинейности (ровность) поверхности конструкций	Приемочный	Выборочный	Измерительный
32 Отклонение линий пересечения плоскостей от вертикали или проектного наклона на всю высоту конструкций	Приемочный	Сплошной	Измерительный
33 Отклонение плоскостей от горизонтали на всю длину выверяемого участка	Приемочный	Выборочный	Измерительный
34 Соответствие радиуса криволинейных поверхностей проектной документации	Операционный. Приемочный	Выборочный	Измерительный

Окончание таблицы 7.1

1	2		
35 Отклонение длины или пролета элементов, размера в свету в горизонтальной плоскости, высоты или размера в свету в вертикальной плоскости	Операционный. Приемочный	Сплошной. Выборочный	Измерительный
36 Отклонение размеров оконных, дверных и других проемов	Операционный. Приемочный	Сплошной. Выборочный	Измерительный
37 Отклонение размеров поперечного сечения элементов конструкций	Операционный. Приемочный	Сплошной. Выборочный	Измерительный
38 Отклонение отметок поверхностей бетона и закладных деталей, служащих опорами для стальных или сборных элементов	Приемочный	Сплошной	Измерительный
39 Уклон опорных поверхностей фундаментов при опирании стальных колонн без подливки	Приемочный	Сплошной	Измерительный
40 Отклонение расположения фундаментных и анкерных болтов	Приемочный	Сплошной	Измерительный
41 Перепад в стыке двух смежных поверхностей	Операционный	Выборочный	Измерительный

При приемочном контроле в составе исполнительной документации входят: общий журнал работ; исполнительные чертежи; геодезические исполнительные схемы положения конструкций; журнал авторского надзора; протоколы испытаний материалов и изделий; документы о качестве (сертификаты соответствия и технические свидетельства на материалы и изделия, при необходимости); акты освидетельствования скрытых работ; акты промежуточной приемки ответственных конструкций и выполненных работ; документы о контроле качества сварных соединений; другие документы, указанные в проектной документации.

Контрольные вопросы

1 Согласно какому ТНПА производится контроль качества железобетонных монолитных конструкций?

2 Какие показатели качества контролируются при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций?

3 Какие документы должны предъявляться при приемочном контроле, входящие в состав исполнительной документации?

4 Какие контролируемые показатели включают в себя опалубочные работы?

5 Какие контролируемые показатели включают в себя арматурные работы?

6 Какие контролируемые показатели включают в себя бетонные работы?

Список литературы

- 1 Бетон. Требования, показатели, изготовление и соответствие: СТБ EN 206–2016. – Введ. 01.07.2017 (с отменой СТБ EN 206-1–2011). – Минск: Минстройархитектуры, 2016. – 105 с.
- 2 Испытание бетона. Неразрушающий контроль прочности: СТБ 2264–2012. – Введ. 01.01.2013 (с отменой ГОСТ 22690–88). – Минск: Госстандарт, 2013. – 22 с.
- 3 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: ГОСТ 10180–2012. – Введ. 01.02.2016 (взамен ГОСТ 10180–90). – Минск: Минстройархитектуры, 2016. – 36 с.
- 4 Бетонные и железобетонные конструкции: СП 5.03.01-2020. – Введ. 16.09.2020 (с отменой СНиП 2.03.01–84 и СНБ 5.03.01–02). – Минск: Минстройархитектуры, 2020. – 245 с.
- 5 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности: ГОСТ 18105–2018. – Введ. 01.03.2020 (взамен ГОСТ 18105–2010). – Минск: Минстройархитектуры, 2013. – 22 с.
- 6 Основы проектирования строительных конструкций: СН 2.01.01–2019. – Введ. 16.11.2019 (с отменой ТКП EN 1990–2011 (02250)). – Минск: Минстройархитектуры, 2020. – 89 с.
- 7 **Гончаров, А. А.** Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / А. А. Гончаров, В. Д. Копылов. – 6-е изд., стер. – Москва: Академия, 2008. – 240 с.
- 8 Организация строительного производства: СН 1.03.04–2020. – Введ. 29.03.2021 (с отменой ТКП 45-1.03-161–2009 (02250), ТКП 45-1.03-229–2010 (02250)). – Минск: Минстройархитектуры, 2021. – 49 с.
- 9 Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции: ГОСТ 18321–73. – Введ. 01.01.1974. – Минск: Госстандарт, 2074. – 12 с.
- 10 Системы менеджмента качества. Требования: СТБ ISO 9001–2015. – Введ. 01.03.2016 (взамен СТБ ISO 9001–2009). – Минск: Госстандарт, 2016. – 36 с.
- 11 Строительство. Оценка системы производственного контроля. Основные положения и порядок проведения: ТКП 45-1.01-221–2010 (02250). – Введ. 01.05.2011 (взамен ТКП 45-1.01-47–2006 (02250)). – Минск: Минстройархитектуры, 2011. – 34 с.
- 12 Строительство. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Номенклатура контролируемых показателей качества: СТБ 1164.0–2012. – Введ. 01.09.2013 (взамен СТБ 1164.0–99). – Минск: Минстройархитектуры, 2013. – 80 с.
- 13 Строительство. Возведение каменных и армокаменных конструкций. Номенклатура контролируемых показателей качества. Контроль качества работ: СТБ 2087–2010. – Введ. 01.11.2010. – Минск: Минстройархитектуры, 2010. – 20 с.
- 14 Строительство. Возведение монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Номенклатура контролируемых показателей качества. Контроль качества работ: СТБ 1958–2009. – Введ. 01.09.2009. – Минск: Минстройархитектуры, 2009. – 24 с.

15 Система показателей качества продукции. Строительство. Бетонные и железобетонные изделия и конструкции. Номенклатура показателей: СТБ 4.250–94. – Введ. 01.01.1995. – Минск: Минстройархитектуры, 1995. – 16 с.

16 Возведение бетонных и железобетонных конструкций: СТБ EN 13670–2012. – Введ. 01.01.2013. – Минск: Минстройархитектуры, 2013. – 64 с.

Приложение А (справочное)

Таблица А.1 – Значения коэффициента t при числе измерений $n = 2...20$ и заданной доверительной вероятности p

n	Доверительная вероятность p									
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,995	0,999
2	1,00	1,38	1,96	3,08	6,31	12,71	31,80	63,70	127,30	637,20
3	0,82	1,06	1,34	1,89	2,92	4,30	6,96	9,92	14,10	31,60
4	0,76	0,98	1,25	1,64	2,35	3,18	4,54	5,84	7,50	12,94
5	0,74	0,94	1,19	1,53	2,13	2,77	3,75	4,60	5,60	8,61
6	0,73	0,92	1,16	1,48	2,02	2,57	3,36	4,03	4,77	6,86
7	0,72	0,91	1,13	1,44	1,94	2,45	3,14	3,71	4,32	5,96
8	0,71	0,90	1,12	1,42	1,90	2,36	3,00	3,50	4,03	5,40
9	0,71	0,89	1,11	1,40	1,86	2,31	2,90	3,36	3,83	5,04
10	0,70	0,88	1,11	1,38	1,83	2,26	2,82	3,25	3,69	4,78
11	0,70	0,88	1,09	1,37	1,81	2,23	2,76	3,17	3,58	4,59
12	0,70	0,88	1,09	1,36	1,80	2,20	2,72	3,11	3,50	4,49
13	0,70	0,87	1,08	1,36	1,78	2,18	2,68	3,06	3,43	4,32
14	0,69	0,87	1,08	1,35	1,77	2,16	2,65	3,01	3,37	4,22
15	0,69	0,87	1,08	1,34	1,76	2,14	2,62	2,98	3,33	4,14
16	0,69	0,87	1,07	1,34	1,75	2,13	2,60	2,95	3,29	4,07
17	0,69	0,86	1,07	1,34	1,75	2,12	2,58	2,92	3,25	4,02
18	0,69	0,86	1,07	1,33	1,74	2,11	2,57	2,90	3,22	3,96
19	0,69	0,86	1,07	1,33	1,73	2,10	2,55	2,88	3,20	3,92
20	0,69	0,86	1,07	1,33	1,73	2,09	2,54	2,86	3,17	3,88
∞	0,67	0,84	1,04	1,28	1,64	1,96	2,33	2,58	2,81	3,29

Таблица А.2 – Значения критерия Романовского β_m при числе измерений $n = 4...20$ и уровне значимости $q = 1 - p$

q	Число измерений n											
	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
0,01	1,72	1,96	2,13	2,26	2,37	2,46	2,54	2,66	2,76	2,84	2,90	2,96
0,025	1,71	1,92	2,07	2,18	2,27	2,35	2,41	2,52	2,60	2,67	2,73	2,78
0,05	1,69	1,87	2,00	2,09	2,17	2,24	2,29	2,39	2,46	2,52	2,56	2,62
0,1	1,64	1,73	1,89	1,97	2,04	2,10	2,15	2,23	2,30	2,35	2,40	2,45