Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации

Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и оценки соответствия в строительстве»

Методическое пособие

МЕТОДИКА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Москва 2017

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

1 Основные положения 4

1.1 Область применения 5

1.2 Нормативные ссылки 5

1.3 Термины и определения 7

1.4 Обозначения 10

2 Правила определения прочности бетона 12

2.1 Контроль прочности по образцам 14

2.2 Неразрушающий контроль 33

3 Назначение и определение партий бетона 57

4 Статистическая оценка результатов контроля 59

ПРИМЕР 1. Контроль прочности бетона сборных конструкций (схема А) 70

ПРИМЕР 2. Контроль прочности бетонной смеси готовой (БСГ), выпускаемой на бетонном заводе (схема Б) 76

ПРИМЕР 3. Контроль и оценка прочности бетона монолитных железобетонных конструкций при строительстве 82

ПРИМЕР 4. Определение прочности бетона в партии, состоящей из 6 монолитных железобетонных колонн в возрасте более 56 суток 118

ПРИМЕР 5. Определение прочности бетона на объекте незавершенного строительства в возрасте более 56 суток 125

Введение

Настоящее Пособие составлено в развитие ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности», регламентирующего правила контроля прочности бетонной смеси готовой, бетона монолитных, сборно-монолитных и сборных бетонных и железобетонных конструкций при проведении производственного контроля прочности бетона, а также при проведении обследований бетонных и железобетонных конструкций и при экспертной оценке качества бетонных и железобетонных конструкций, а также в развитие положений СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003. «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».

Методика, изложенная в настоящем пособии, предназначена для широкого круга специалистов, осуществляющих контроль прочности БСГ и бетона сборных изделий на производстве, контроль прочности монолитных бетонных и железобетонных конструкций на строительной площадке, а также определение прочности бетона бетонных и железобетонных конструкций при проведении обследований.

В настоящем Пособии рассмотрены вопросы выбора партий бетона, конструкций монолитных и сборных, количества контролируемых участков и количества измерений на каждом участке, определения количества образцов изготавливаемых или отбираемых из конструкций, описана методика установления и корректировки градуировочной зависимости для косвенных методов контроля, раскрыты схемы проведения испытаний с последующей статистической обработкой их результатов при производственном контроле и при проведении обследований, более полно раскрыты термины и определения, используемые в ГОСТ 18105-2010, а также приведены ряд примеров, что должно облегчить процедуру освоения методики контроля и определения прочности бетона для специалистов.

Замечания и пожелания по содержанию Пособия просьба направлять по адресу: г. Москва, 109428, 2-я Институтская ул., д. 6, корп. 5, НИИЖБ, или по электронной почте –gost.e-ecolog.ru

1 Основные положения

Рекомендации настоящего Пособия распространяются на все виды бетонов, для которых нормируется прочность, и установлены правила контроля и оценки прочности бетонной смеси готовой, бетона монолитных, сборно-монолитных и сборных бетонных и железобетонных конструкций при проведении производственного контроля прочности бетона и при определении прочности бетона при обследовании и экспертной оценке качества бетонных конструкций.

В настоящем Пособии, также как и в ГОСТ 18105, ГОСТ 22690, ГОСТ 17624, ГОСТ 10180 и ГОСТ 28570, рассматриваемые прочности бетона на сжатие, выраженные в МПа, являются кубиковой прочностью.

Использование показаний приборов, основанных на косвенных методах, градуированных в единицах прочности бетона и класса прочности бетона при контроле прочности не допускается. Такие показания приборов допускается использовать только при экспертной оценке прочности бетона, при предварительной оценке прочности с целью подбора приборов, их оснастки и методов для проведения испытаний, а также как косвенную характеристику. Указанные приборы при контроле прочности допускается использовать после установления градуировочной зависимости или привязки зависимости, установленной в приборе, к установленной градировочной зависимости.

Средства измерений и приборы для испытаний должны быть аттестованы и поверены в установленном порядке и должны соответствовать, предъявляемым к приборам и оборудованию требованиям, отраженных в ГОСТ 22690 для механических методов, ГОСТ 17624 для ультразвукового метода, ГОСТ 10180 для испытания контрольных образцов и образцов отобранных из конструкций. Калибровка приборов и аттестация оборудования производится не реже одного раза в год.

Места испытаний, их подготовка к испытаниям, а также условия окружающей среды во время испытаний, должны соответствовать требованиям по подготовке к испытаниям и проведению испытаний, изложенным в ГОСТ 22690, ГОСТ 17624,

ГОСТ 10180 и ГОСТ 28570, а также должны соответствовать рекомендациям производителей приборов для контроля прочности бетона.

Последовательность и порядок испытаний должны соответствовать требованиями по проведению испытаний, изложенным в ГОСТ 22690, ГОСТ 17624, ГОСТ 10180 и ГОСТ 28570.

В строительной индустрии элементы монолитных зданий и сооружений, принято называть конструкциями. Элементы из сборного бетона и железобетона принято называть изделиями.

1.1 Область применения

Настоящее пособие распространяется на все виды бетонов, для которых нормируется прочность, и устанавливает правила контроля и оценки прочности бетонной смеси, готовой к применению (далее – БСГ), бетона монолитных, сборно-монолитных и сборных бетонных и железобетонных конструкций при проведении производственного контроля прочности бетона, контроля прочности бетона монолитных конструкций при строительстве.

Настоящее пособие также может быть использовано при проведении обследований бетонных и железобетонных конструкций, а также при экспертной оценке качества бетонных и железобетонных конструкций.

Выполнение рекомендаций настоящего пособия гарантирует обеспечение принятых при проектировании расчетных и нормативных сопротивлений бетона конструкций.

1.2 Нормативные ссылки

В настоящем Пособии приведены ссылки на следующие стандарты.

ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности»

ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия»

ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»

ГОСТ 13015-2012 «Изделия железобетонные и бетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения»

ГОСТ 17624-2012 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности»

ГОСТ 22690-2015 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля»

ГОСТ 27006-86 «Бетоны. Правила подбора состава»

ГОСТ 28570-90 «Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций»

СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003. «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».

Примечание – При пользовании настоящим пособием целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим пособием следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

1.3 Термины и определения

В настоящем Пособии применены следующие термины с соответствующими определениями.

Нормируемая прочность бетона: прочность бетона в проектном возрасте или ее доля в промежуточном возрасте, установленная в нормативном или техническом документе, по которому изготавливают БСГ или конструкцию.

Примечание - В зависимости от вида прочности в проектном возрасте устанавливают следующие классы бетона по прочности:

B - класс бетона по прочности на сжатие;

B_t - класс бетона по прочности на осевое растяжение;

B_{tb} - класс бетона по прочности на растяжение при изгибе.

Требуемая прочность бетона: минимально допустимое среднее значение прочности бетона в контролируемых партиях БСГ или конструкций, соответствующее нормируемой прочности бетона при ее фактической однородности.

Фактический класс бетона по прочности: значение класса бетона по прочности монолитных конструкций, рассчитанное по результатам определения фактической прочности бетона и ее однородности в контролируемой партии.

Класс бетона В: прочность в МПа, принимаемая с гарантированной обеспеченностью (доверительной вероятностью) Р = 0,95. Для класса бетона по прочности на сжатие указывается кубиковая прочность.

Кубиковая прочность бетона: временное сопротивление сжатию бетонных кубов с размером ребра 15 см, испытанных через 28 дней хранения при температуре 20±2 °С.

Фактическая прочность бетона: среднее значение прочности бетона в партиях БСГ или конструкций, рассчитанное по результатам ее определения в контролируемой партии.

Проба бетонной смеси: объем БСГ одного номинального состава, из которого одновременно изготавливают одну или несколько серий контрольных образцов.

Серия контрольных образцов: несколько образцов, изготовленных из одной пробы БСГ или отобранных из одной конструкции, твердеющих в одинаковых условиях и испытанных в одном возрасте для определения фактической прочности одного вида.

Захватка: объем бетона монолитной конструкции или ее части, уложенный при непрерывном бетонировании одной или нескольких партий БСГ за определенное время на выделенном в соответствии с технологией строительного производства участке здания.

Партия бетонной смеси: объем БСГ одного номинального состава, изготовленный в течение не менее чем одной смены и не более одного месяца.

Партия монолитных конструкций: часть монолитной конструкции, одна или несколько монолитных конструкций, изготовленных из бетонной смеси одного номинального состава, с одинаковой технологией ухода, в течение не менее одних суток и не более одной недели.

Партия сборных конструкций: конструкции одного типа, последовательно изготовленные из бетонной смеси одного номинального состава, отформованные по одной технологии в течение не менее одной смены и не более одной недели.

Контролируемый участок конструкции: часть конструкции, на которой проводят определение единичного значения прочности бетона неразрушающими методами.

Зона конструкции: часть контролируемой конструкции, прочность бетона которой отличается от средней прочности этой конструкции более чем на 15 %.

Анализируемый период: период времени, за который вычисляют среднее значение коэффициента вариации прочности бетона для партий БСГ или конструкций, изготовленных за этот период.

Текущий коэффициент вариации прочности бетона: коэффициент вариации прочности бетона в контролируемой партии БСГ или конструкций.

Средний коэффициент вариации прочности бетона: среднее значение коэффициента вариации прочности бетона за анализируемый период при контроле по схемам А и В.

Скользящий коэффициент вариации прочности бетона: коэффициент вариации прочности бетона, рассчитываемый как средний для текущей партии и предыдущих проконтролированных партий БСГ или конструкций при контроле по схеме Б.

Контролируемый период: период времени, в течение которого требуемая прочность бетона принимается постоянной в соответствии с коэффициентом вариации за предыдущий анализируемый период.

Текущий контроль: контроль прочности бетона партии БСГ или конструкций, при котором значения фактической прочности и однородности бетона по прочности (текущего коэффициента вариации) рассчитывают по результатам контроля этой партии.

Разрушающие методы определения прочности бетона: определение прочности бетона по контрольным образцам, изготовленным из бетонной смеси по ГОСТ 10180 или отобранным из конструкций по ГОСТ 28570.

Неразрушающие механические методы определения прочности бетона: определение прочности бетона непосредственно в конструкции при локальном механическом воздействии на бетон (удар, отрыв, скол, вдавливание, отрыв со скалыванием, упругий отскок).

Прямые неразрушающие методы определения прочности бетона: определение прочности бетона по «отрыву со скалыванием» и «скалыванию ребра» по ГОСТ 22690. Методы, предусматривающие стандартные схемы испытаний и допускающие применение известных градуировочных зависимостей без привязки и корректировки.

Косвенные неразрушающие методы определения прочности бетона: Определение прочности бетона по предварительно установленным градуировочным зависимостям между прочностью бетона, определенной одним из разрушающих или прямых неразрушающих методов, и косвенными характеристиками прочности, определяемыми по ГОСТ 22690 и ГОСТ 17624.

Косвенные характеристики прочности (косвенный показатель): величина прикладываемого усилия при местном разрушении бетона, величина отскока, энергия

удара, размер отпечатка, скорость или время прохождения ультразвука или другое показание прибора при измерении прочности бетона неразрушающими механическими методами.

Единичное значение прочности: значение фактической прочности бетона нормируемого вида, учитываемое при расчете характеристик однородности бетона:

- для БСГ – среднее значение прочности бетона пробы бетонной смеси;

- для сборных конструкций – среднее значение прочности бетона пробы бетонной смеси или среднее значение прочности бетона участка конструкции, или среднее значение прочности бетона одной конструкции;

- для монолитных конструкций – среднее значение прочности бетона участка конструкции или бетона одной конструкции.

Градуировочная зависимость: графическая или аналитическая зависимость между косвенной характеристикой прочности и прочностью бетона на сжатие, определенной одним из разрушающих или прямых неразрушающих методов.

Коэффициент совпадения: коэффициент, используемый для корректировки ранее построенной или универсальной градуировочной зависимости.

1.4 Обозначения

$B_{норм}$ – проектный класс прочности бетона, МПа;

$B_ф$ – фактический класс прочности бетона, МПа;

R_i, R_i^{min}, R_i^{max} – единичное, минимальное и максимальное значения прочности бетона в партии, МПа;

R_m – фактическая средняя прочность бетона отдельной партии, МПа;

$R_Т$, $\bar{R}_T$ – требуемая средняя прочность бетона БСГ или конструкции в контролируемой партии или в контролируемом периоде, МПа;

S_m – среднеквадратическое отклонение прочности бетона в контролируемой партии, МПа;

$S_{Н.М}$ – среднеквадратическое отклонение прочности бетона в контролируемой партии по результатам ее определения неразрушающими методами, МПа;

$S_{\text{Т}}$ – рассчитанное среднеквадратическое отклонение используемой градуировочной зависимости, МПа;

$S_{\text{Т.Н.М}}$ – среднеквадратическое отклонение построенной градуировочной зависимости, МПа;

$S_{\text{Т.Р.М}}$ – среднеквадратическое отклонение разрушающих или прямых неразрушающих методов, использованных при построении градуировочной зависимости, МПа;

V_m – текущий коэффициент вариации прочности бетона в партии, %;

$\bar{V}_m$ – средний коэффициент вариации прочности бетона за анализируемый период, %;

V_c – скользящий коэффициент вариации прочности бетона за анализируемый период, %;

W_m – размах прочности бетона в партии, МПа;

n – число единичных значений прочности бетона в партии;

α – коэффициент для расчета S_m (при $n \leq 6$);

r – коэффициент корреляции градуировочной зависимости;

$K_{\text{Т}}$ – коэффициент требуемой прочности;

t_α – коэффициент для расчета $K_{\text{Т}}$ и $B_{\text{ф}}$;

t_β – коэффициент для расчета $K_{\text{Т}}$ и $B_{\text{ф}}$;

$K_{\text{с}}$ – коэффициент совпадения.

2 Правила определения прочности бетона

Методы контроля прочности

Методы определения прочности подразделяются на разрушающие и неразрушающие.

К разрушающим методам относятся испытания образцов изготовленных из БСГ и образцов, отобранных из конструкций при их статическом нагружении с постоянной скоростью нарастания нагрузки при помощи специальных прессов, с последующим вычислением напряжений при полученных минимальных усилиях, разрушающих образец. Т.е. разрушающие методы испытаний приводят к полному разрушению испытуемого объекта (кубика, керна и т.д.). Определение прочности бетона по контрольным образцам. изготовленным из бетонной смеси по ГОСТ 10180. Определение прочности бетона по образцам - кернам, отобранным из конструкций по ГОСТ 28570.

К неразрушающим методам относятся методы испытаний прочности бетона, в т.ч. механических, прямых и косвенных, проводимых на образцах и строительных конструкциях, которые не приводят к полному разрушению образца или к утрате испытуемой строительной конструкцией несущей способности и эксплуатационной пригодности.

К прямым неразрушающим методам испытания прочности относятся методы, предусматривающие стандартные схемы испытаний и допускающие применение известных градуировочных зависимостей без привязки и корректировки.

Прямыми неразрушающими методами испытания прочности бетона являются «отрыв со скалыванием» и «метод скалывания ребра» в границах стандартной схемы испытаний установленные ГОСТ 22690. Метод отрыва со скалыванием основан на связи прочности бетона со значением усилия местного разрушения бетона при вырыве из него анкерного устройства. Метод скалывания ребра основан на связи прочности бетона со значением усилия, необходимого для скалывания участка бетона на ребре конструкции.

К косвенным неразрушающим методам испытаний прочности бетона, не

являющихся прямыми методам, относятся испытания основанные на измерении величины косвенной характеристики, которая зависит от прочности бетона, а также от других свойств бетона, что приводит к необходимости установления градуировочной зависимости для конкретного типа бетона и его номинального состава.

Косвенными неразрушающими методами испытания прочности бетона являются механические методы установленные ГОСТ 22690, такие как метод упругого отскока, пластической деформации, ударного импульса, а также ультразвуковой метод, установленный ГОСТ 17624. Косвенные механические методы испытания прочности основаны на связи прочности бетона и определяемой при местном механическом воздействии косвенной характеристики прочности – изменение энергии удара, размер отпечатка, величина отскока. Ультразвуковой метод основан на связи прочности бетона и скорости или времени распространения ультразвука в нем.

Схемы контроля прочности

Контроль прочности бетона по каждому виду нормируемой прочности проводят по одной из следующих схем:

- схема А – определение характеристик однородности бетона по прочности, когда используют не менее 30 единичных результатов определения прочности, полученных при контроле прочности бетона предыдущих партий БСГ или сборных конструкций в анализируемом периоде;

- схема Б – определение характеристик однородности бетона по прочности, когда используют не менее 15 единичных результатов определения прочности бетона в контролируемой партии БСГ или сборных конструкций и предыдущих проконтролированных партиях в анализируемом периоде;

- схема В – определение характеристик однородности бетона по прочности, когда используют результаты неразрушающего контроля прочности бетона одной текущей контролируемой партии конструкций, при этом число единичных значений прочности бетона должно быть не менее 20;

- схема Г – без определения характеристик однородности бетона по

прочности, когда при изготовлении отдельных конструкций или в начальный период производства невозможно получить число результатов определения прочности бетона, предусмотренное схемами А и Б, или при проведении неразрушающего контроля прочности бетона без построения градуировочных зависимостей, но с использованием универсальных зависимостей путем их привязки к прочности бетона контролируемой партии конструкций.

Контроль прочности бетона проводят:

- для БСГ – по схемам А, Б;
- для сборных конструкций – по схемам А, Б, В;
- для монолитных конструкций – по схемам В;
- для всех случаев может применяться упрощенная схема Г.

2.1 Контроль прочности по образцам

Контроль прочности БСГ на производстве

2.1.1 Контроль прочности БСГ выполняется на производственных предприятиях, выпускающих бетонную смесь.

2.1.2 Контроль и оценку прочности бетона на предприятиях, производящих БСГ, следует проводить статистическими методами с учетом характеристик однородности бетона по прочности. Приемка бетона путем сравнения его фактической прочности с нормируемой без учета характеристик однородности бетона по прочности не допускается.

2.1.3 Контролю подлежат все виды нормируемой прочности для БСГ:

- прочность в проектном возрасте;
- прочность в промежуточном возрасте (если она нормируется).

2.1.4 В случае, если прочность бетона в промежуточном возрасте для БСГ составляет 90% и более значения проектного класса, контроль прочности в проектном возрасте не проводят.

2.1.5 Прочность БСГ определяется путем испытания изготовленных из нее образцов разрушающими методами в соответствии с ГОСТ 10180.

2.1.6 Прочность бетона по ГОСТ 18105 оценивается по двум характеристикам:

- по средней прочности бетона в партии R_m;

- по коэффициенту вариации прочности в партии, усредненному по всем партиям за анализируемый период $\bar{V}_m$.

По средней прочности в партии R_m производится приемка партий бетона по прочности, по коэффициенту вариации прочности V_m – назначение требуемой прочности бетона.

2.1.7 Контроль прочности БСГ по каждому виду нормируемой прочности проводят по **схемам А и Б**:

Схема А – определение характеристик однородности бетона по прочности, когда используют **не менее 30 единичных результатов** определения прочности, полученных при контроле прочности бетона предыдущих партий БСГ или сборных конструкций в анализируемом периоде.

Схема Б – определение характеристик однородности бетона по прочности, когда используют **не менее 15 единичных результатов** определения прочности бетона в контролируемой партии БСГ и предыдущих проконтролированных партиях в анализируемом периоде.

Схема Г – без определения характеристик однородности бетона по прочности, когда в начальный период производства невозможно получить число результатов определения прочности бетона, предусмотренное схемами А и Б.

2.1.8 В качестве характеристик однородности бетона по прочности, используемых для определения требуемой прочности бетона R_T или фактического класса бетона $B_ф$, вычисляют коэффициенты вариации прочности бетона:

- средний $\bar{V}_m$ – для всех партий БСГ за анализируемый период – при контроле по схеме А;

- скользящий V_c – средний для контролируемой и последних предыдущих партий – при контроле по схеме Б.

2.1.9 При контроле и оценке прочности бетона БСГ на предприятии-изготовителе предусмотрен следующий порядок.

По схеме А

1. Определяют фактическую прочность бетона R_m в каждой партии БСГ, изготовленной в течение анализируемого периода.

2. Рассчитывают характеристики однородности бетона по прочности - текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m в каждой партии и средний коэффициент вариации прочности бетона $\bar{V}_m$ за анализируемый период.

3. Определяют требуемую прочность бетона R_T для следующего контролируемого периода по характеристикам однородности прочности бетона за анализируемый период по формуле:

$$R_T = K_T \cdot B_{норм}.$$

4. Проводят оценку прочности бетона каждой партии БСГ в контролируемом периоде по п.8.2. ГОСТ 18105-2010. Партия БСГ подлежит приемке по прочности бетона, если фактическая прочность бетона в партии R_m не ниже требуемой прочности R_T, а минимальное единичное значение прочности $R_{i\,min}$ – не менее величины $(R_T - 4)$ и не менее нормируемого класса бетона по прочности:

$$R_m \geq R_T,$$

$$B(B_t, B_{tb}) < R_i^{min} \geq (R_T - 4).$$

По схеме Б

1. Определяют фактическую прочность бетона R_m в контролируемой партии.

2. Рассчитывают характеристики однородности бетона по прочности: текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m и скользящий коэффициент вариации прочности бетона V_c в контролируемой партии

3. Определяют требуемую прочность бетона R_T для контролируемой партии по формуле (п. 7.1 ГОСТ 18105):

$$R_T = K_T \cdot B_{норм}.$$

4. Проводят оценку прочности бетона в контролируемой партии по п. 8.2. ГОСТ 18105:

$$R_m \geq R_T,$$

$$B(B_t, B_{tb}) < R_i^{min} \geq (R_T - 4).$$

По схеме Г

1. Определяют фактическую прочность бетона R_m в каждой партии, изготовленной в контролируемом периоде.

2. Определяют требуемую прочность бетона R_T для контролируемой партии по формуле (п. 7.1 ГОСТ 18105-2010):

$$R_T = K_T \cdot B_{норм}.$$

3. Проводят оценку прочности бетона в контролируемой партии по п. 8.2. ГОСТ 18105-2010:

$$R_m \geq R_T,$$

$$B(B_t, B_{tb}) < R_i^{min} \geq (R_T - 4).$$

2.1.10 Контроль прочности и приемки БСГ проводится **по партиям**, в которые включают бетонную смесь одного номинального состава по ГОСТ 27006, изготовленную по одной технологии за определенный промежуток времени продолжительностью от **одной смены до одной недели**.

2.1.11 Допускается при контроле по **схемам А и Б** объединять в одну партию БСГ разного номинального состава и одного класса бетона по прочности, если выполняются следующие условия:

- максимальный из средних значений коэффициент вариации прочности бетонов объединенных составов за анализируемый период не превышает 13%;

- разность между максимальными и минимальными значениями коэффициента вариации прочности бетонов объединяемых составов за анализируемый период не превышает 2%;

- наибольшая крупность заполнителя в объединяемых составах отличается не более чем в два раза, а расход цемента в этих составах – не более чем на 10% среднего значения.

Условия объединения составов бетона проверяют **один раз в год** по

результатам определения характеристик однородности бетона по прочности отдельно для каждого номинального состава за два последних контролируемых периода.

При объединении в одну партию БСГ различных составов значение коэффициента вариации прочности бетона в первый контролируемый период определяют как среднеарифметическое значение коэффициентов вариации для отдельных номинальных составов.

2.1.12 При определении прочности бетона по контрольным образцам отбирают **не менее двух проб** БСГ **от каждой партии** (пробы отбираются из разных замесов внутри одной партии). Из каждой пробы бетонной смеси изготавливают серии контрольных образцов для определения каждого вида нормируемой прочности.

2.1.13 Число образцов в серии принимают по ГОСТ 10180 (см. таблица 1) в зависимости от среднего внутрисерийного коэффициента вариации прочности бетона, рассчитываемого по приложению «А» ГОСТ 10180 не реже одного раза в год.

Таблица 1 – Число образцов в серии

Внутрисерийный коэффициент вариации $\overline{V}_s$, %	5 и менее	Более 5 до 8 включ.	Более 8**
Требуемое число образцов в серии, шт., не менее	2	3* или 4	6
* При применении форм типа 2ФК по ГОСТ 22685 число образцов в серии принимают равным четырем, при применении форм типа 1ФК и 3ФК – три образца. ** В случае если средний внутрисерийный коэффициент вариации прочности бетона на сжатие $\overline{V}_s$ превышает 8%, необходимо провести внеочередную переаттестацию испытательной лаборатории.			

Примечание: Число образцов ячеистого бетона в серии принимают равным 3.

2.1.14 Прочность бетона определяют по результатам испытаний образцов по ГОСТ 10180.

2.1.15 Контрольные образцы из БСГ, предназначенной для изготовления монолитных конструкций, должны твердеть на предприятии-изготовителе бетонной смеси в нормальных условиях.

2.1.16 Продолжительность анализируемого периода для определения характеристик однородности бетона по прочности по **схемам А и Б** устанавливают от **одной недели до трех месяцев**.

2.1.17 Число единичных значений прочности бетона в течение этого периода в

зависимости от выбранной схемы контроля принимают:

для схемы А – не менее 30;

для схемы Б – не менее 15.

2.1.18 Для каждой партии БСГ, изготовленной в течение анализируемого периода определяют среднюю прочность бетона R_m:

$$R_m = \frac{\sum R_i}{n},$$

где

R_i – единичное значение прочности бетона, МПа;

n – общее число единичных значений прочности бетона в партии.

За единичное значение прочности бетона принимают среднюю прочность серии образцов, изготовленных из одной пробы БСГ для одного вида нормируемой прочности.

2.1.19 Для каждой партии БСГ вычисляют среднеквадратическое отклонение S_m по формуле:

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(R_i - R_m)^2}{n-1}}.$$

При числе единичных значений прочности бетона партии от двух до шести значение среднеквадратического отклонения допускается рассчитывать по формуле:

$$S_m = \frac{W_m}{\alpha},$$

где W_m – размах прочности бетона в партии (разница между наибольшим и наименьшим значениями $W_m = R_{i,max} - R_{i,min}$);

Коэффициент α принимается по ГОСТ 18105 (см. таблицу 6).

2.1.20 Коэффициент вариации прочности бетона в партии вычисляют:

- при массовом производстве товарной смеси – как средний по всем партиям за анализируемый период (не менее 15 партий);

- при производстве отдельных партий – по данным не менее 30 единичных значений прочности.

Для нерегулярно выпускаемой продукции указанный коэффициент вариации не вычисляется, а принимается равным коэффициенту вариации бетона другого состава, выпускаемого регулярно, при условии, что он изготавливается по той же технологии и отличается прочностью не более чем на два класса.

2.1.21 Для каждой партии БСГ вычисляют текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m:

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} \cdot 100,$$

где

S_m – среднеквадратическое отклонение прочности бетона для текущей партии;

R_m – средняя прочность бетона текущей партии, МПа.

Коэффициент вариации V_m вычисляют для всех видов нормируемой прочности.

2.1.22 При контроле по **схеме А** определяется среднее значение коэффициента вариации прочности бетона $\bar{V}_m$, а при контроле по схеме Б – скользящий коэффициент вариации прочности бетона за анализируемый период V_c, рассчитываемых по формуле:

$$\bar{V}_m(V_c) = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_{m_i(c_i)} \cdot n_i}{\sum_{i=1}^{n} n_i},$$

где

$V_{m_i(c_i)}$ – коэффициенты вариации прочности бетона в каждой i-й партии;

n_i – число единичных значений прочности бетона в каждой i-й партии;

$\sum_{i=1}^{n} n_i$ – общее число единичных значений прочности бетона за анализируемый период

2.1.23 Требуемую прочность бетона каждого вида R_T для БСГ (МПа) рассчитывают по формуле:

$$R_{\text{Т}} = K_{\text{Т}} B_{\text{норм}}.$$

2.1.24 При контроле **по схеме А** коэффициент $K_{\text{Т}}$ принимают по таблице 8 в зависимости от среднего коэффициента вариации прочности бетона за анализируемый период $\bar{V}_{\text{m}}$ или текущего коэффициента вариации прочности бетона контролируемой партии V_{m}.

2.1.25 При контроле по **схеме Б** коэффициент $K_{\text{Т}}$ рассчитывают по формуле

$$K_{\text{Т}} = \frac{1}{1 - t_{\alpha} \frac{V_c}{100}},$$

где коэффициент t_{α} принимают по таблице 7 в зависимости от общего числа единичных значений прочности бетона в проконтролированных партиях БСГ, по которым рассчитан скользящий коэффициент вариации прочности V_c.

2.1.26 В начальный период до накопления, необходимого для ведения статистического контроля числа результатов испытаний, контроль прочности бетона ведут по **схеме Г**. При этом коэффициент $K_{\text{Т}}$ принимают по таблице 9 в зависимости вида бетона:

2.1.27 Оценка прочности бетона БСГ производится по п. 8.2. ГОСТ 18105. Партия сборных конструкций подлежит приемке по прочности бетона, если фактическая прочность бетона сборных конструкций в партии R_m не ниже требуемой прочности $R_{\text{Т}}$, а минимальное единичное значение прочности $R_{i,min}$ – не менее величины $(R_{\text{Т}} - 4)$ и не менее нормируемого класса бетона сборных конструкций по прочности:

$$R_m \geq R_{\text{Т}},$$

$$B(B_t, B_{tb}) < R_i^{\min} \geq (R_{\text{Т}} - 4).$$

Контроль прочности бетона сборных железобетонных конструкций на производстве

2.1.28Контроль прочности бетона сборных железобетонных конструкций выполняется на производственных предприятиях, выпускающих сборные

железобетонные конструкции.

2.1.29 Контроль и оценку прочности бетона на предприятиях, произовдящих сборные бетонные и железобетонные конструкции, следует проводить статистическими методами с учетом характеристик однородности бетона по прочности.Приемка бетона путем сравнения его фактической прочности с нормируемой без учета характеристик однородности бетона по прочности не допускается.

2.1.30 Контролю подлежат все виды нормируемой прочности бетона сборных бетонных и железобетонных конструкций:

- прочность в проектном возрасте;
- отпускная и передаточная прочность.

2.1.31 В случае, если нормируемые отпускная или передаточная прочность бетона сборных конструкций составляет 90% и более значения проектного класса, контроль прочности в проектном возрасте не проводят.

2.1.32 Прочность сборных железобетонных конструкций контролируют путем испытания образцов, изготовленных из той же бетонной смеси и твердевшей в тех же условиях что и бетон самих сборных железобетонных конструкций.

2.1.33 Также прочность бетона сборных железобетонных конструкций может контролироваться путем испытания бетона непосредственно самих конструкций неразрушающими методами в соответствии с ГОСТ 22690 и ГОСТ 17624.

2.1.34 Прочность бетона сборных бетонных и железобетонных конструкций по ГОСТ 18105-2010 оценивается по двум характеристикам:

- по средней прочности бетона в партии R_m;
- по коэффициенту вариации прочности в партии, усредненному по всем партиям за анализируемый период $\bar{V}_m$.

По средней прочности в партии R_m производится приемка партий сборных конструкций по прочности бетона, по коэффициенту вариации прочности V_m – назначение требуемой прочности бетона.

Контроль прочности бетона сборных конструкций по каждому виду нормируемой прочности проводят по схемам А, Б, В и Г:

Схема А – определение характеристик однородности бетона по прочности, когда используют **не менее 30 единичных результатов** определения прочности, полученных при контроле прочности бетона предыдущих партий сборных конструкций в анализируемом периоде.

Схема Б – определение характеристик однородности бетона по прочности, когда используют **не менее 15 единичных результатов** определения прочности бетона в контролируемой партии сборных конструкций и предыдущих проконтролированных партиях в анализируемом периоде.

Схема В – определение характеристик однородности бетона по прочности, когда используют результаты неразрушающего контроля прочности бетона одной текущей контролируемой партии конструкций, при этом число контролируемых конструкций каждого вида принимают не менее 10% или не менее 12 конструкций из партии. Если партия состоит из 12 конструкций и менее, проводят сплошной контроль. При этом число контролируемых участков должно быть не менее одного на 4 м длины линейных конструкций и не менее одного на 4 м^2 площади плоских конструкций.

Схема Г – без определения характеристик однородности бетона по прочности, когда в начальный период производства невозможно получить число результатов определения прочности бетона, предусмотренное схемами А и Б, или при проведении неразрушающего контроля прочности бетона без построения градуировочных зависимостей, но с использованием универсальных зависимостей путем их привязки к прочности бетона контролируемой партии конструкций.

2.1.36 В качестве характеристик однородности бетона по прочности, используемых для определения требуемой прочности бетона $R_{\text{Т}}$ или фактического класса бетона $B_{\text{ф}}$ сборных бетонных и железобетонных конструкций, вычисляют коэффициенты вариации прочности бетона:

- средний $\bar{V}_m$ – для всех партий сборных конструкций за анализируемый период – при контроле по схеме А;

- скользящий V_c – средний для контролируемой и последних предыдущих партий – при контроле по схеме Б;

2.1.37 При контроле и оценке прочности бетона сборных конструкций на предприятии-изготовителе предусмотрен следующий порядок.

По схеме А

1. Определяют фактическую прочность бетона R_m в каждой партии сборных конструкций, изготовленной в течение анализируемого периода.

2. Рассчитывают характеристики однородности бетона по прочности – текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m в каждой партии и средний коэффициент вариации прочности бетона $\bar{V}_m$ за анализируемый период.

3. Определяют требуемую прочность бетона $R_{\text{Т}}$ для следующего контролируемого периода по характеристикам однородности прочности бетона за анализируемый период по формуле:

$$R_{\text{Т}} = K_{\text{Т}} \cdot B_{\text{норм}}$$

4. Проводят оценку прочности бетона каждой партии конструкций, изготовленной в контролируемом периоде по п. 8.2. ГОСТ 18105. Партия сборных конструкций подлежит приемке по прочности бетона, если фактическая прочность бетона сборных конструкций в партии R_m не ниже требуемой прочности $R_{\text{Т}}$, а минимальное единичное значение прочности $R_{\text{i min}}$ – не менее величины $(R_{\text{Т}} - 4)$ и не менее нормируемого класса бетона сборных конструкций по прочности:

$$R_m \geq R_{\text{Т}},$$

$$B(B_t, B_{tb}) < R_i^{\min} \geq (R_{\text{Т}} - 4).$$

По схеме Б

1. Определяют фактическую прочность бетона R_{m} в контролируемой партии сборных конструкций.

2. Рассчитывают характеристики однородности бетона по прочности: текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m и скользящий коэффициент вариации прочности бетона V_c в контролируемой партии.

3. Определяют требуемую прочность бетона $R_{\text{Т}}$ для контролируемой партии

сборных конструкций по формуле (п. 7.1 ГОСТ 18105):

$$R_{\text{Т}} = K_{\text{Т}} \cdot B_{\text{норм}}.$$

4. Проводят оценку прочности бетона в контролируемой партии сборных конструкций по п. 8.2 ГОСТ 18105 Партия сборных конструкций подлежит приемке по прочности бетона, если фактическая прочность бетона сборных конструкций в партии R_m не ниже требуемой прочности $R_{\text{Т}}$, а минимальное единичное значение прочности $R_{\text{i min}}$ – не менее величины $(R_{\text{Т}} - 4)$ и не менее нормируемого класса бетона сборных конструкций по прочности:

$$R_m \geq R_{\text{Т}},$$

$$B(B_t, B_{tb}) < R_i^{\min} \geq (R_{\text{Т}} - 4).$$

По схеме В

1. Определяют фактическую прочность бетона R_{m} в контролируемой партии.

2. Рассчитывают текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m в контролируемой партии.

3. Определяют требуемую прочность бетона $R_{\text{Т}}$ для контролируемой партии по формуле (п. 7.1 ГОСТ 18105-2010):

$$R_{\text{Т}} = K_{\text{Т}} \cdot B_{\text{норм}}.$$

4. Проводят оценку прочности бетона контролируемой партии по п.8.2. ГОСТ 18105-2010. Партия сборных конструкций подлежит приемке по прочности бетона, если фактическая прочность бетона сборных конструкций в партии R_m не ниже требуемой прочности $R_{\text{Т}}$, а минимальное единичное значение прочности $R_{\text{i min}}$ – не менее величины $(R_{\text{Т}} - 4)$ и не менее нормируемого класса бетона сборных конструкций по прочности:

$$R_m \geq R_{\text{Т}},$$

$$B(B_t, B_{tb}) < R_i^{\min} \geq (R_{\text{Т}} - 4).$$

По схеме Г

1. Определяют фактическую прочность бетона R_m в контролируемой партии.

2. Определяют требуемую прочность бетона R_T для контролируемой партии по формуле (п. 7.1 ГОСТ 18105-2010):

$$R_T = K_T \cdot B_{норм}.$$

3. Проводят оценку прочности бетона в контролируемой партии по п. 8.2 ГОСТ 18105-2010:

$$R_m \geq R_T,$$

$$B(B_t, B_{tb}) < R_i^{min} \geq (R_T - 4).$$

2.1.38 В состав партии сборных конструкций включают конструкции, изготовленные из бетонной смеси одного номинального состава, отформованные по одной технологии.

2.1.39 При определении прочности бетона по контрольным образцам отбирают не менее одной пробы в смену – на предприятии-изготовителе сборных конструкций. Из каждой пробы бетонной смеси изготавливают серии контрольных образцов для определения каждого вида нормируемой прочности.

2.1.40 Число образцов в серии принимают по ГОСТ 10180 (таблица 2) в зависимости от среднего внутрисерийного коэффициента вариации прочности бетона, рассчитываемого по приложению «А» ГОСТ 10180 не реже одного раза в год.

Таблица 2 – Число образцов в серии

Внутрисерийный коэффициент вариации $\overline{V}_s$, %	5 и менее	Более 5 до 8 включ.	Более 8**
Требуемое число образцов в серии, шт., не менее	2	3* или 4	6
* При применении форм типа 2ФК по ГОСТ 22685 число образцов в серии принимают равным четырем, при применении форм типа 1ФК и 3ФК – три образца. ** В случае, если средний внутрисерийный коэффициент вариации прочности бетона на сжатие $\overline{V}_s$ превышает 8%, необходимо провести внеочередную переаттестацию испытательной лаборатории.			

Примечание: Число образцов ячеистого бетона в серии принимают равным 3.

2.1.41 **Прочность бетона** определяют по результатам испытаний образцов по ГОСТ 10180 и ГОСТ 28570 или неразрушающими методами по ГОСТ 17624 и ГОСТ 22690 по схемам В и Г. Прочность бетона сборных конструкций в проектном возрасте и прочность бетона на растяжение определяют только по контрольным

образцам.

2.1.42 Контрольные образцы бетона сборных конструкций должны твердеть в одинаковых с конструкциями условиях до определения отпускной или передаточной прочности. Последующее твердение образцов, предназначенных для определения прочности бетона в проектном возрасте, должно проходить в нормальных условиях при температуре (20 ± 3) °С и относительной влажности воздуха (95 ± 5)%.

2.1.43 Продолжительность анализируемого периода для определения характеристик однородности бетона по прочности по **схемам А и Б** устанавливают от **одной недели до трех месяцев**.

2.1.44 Число единичных значений прочности бетона в течение этого периода в зависимости от выбранной схемы контроля принимают:

для схемы А – не менее 30;

для схемы Б – не менее 15.

2.1.45 Для каждой партии сборных конструкций, изготовленной в течение анализируемого периода определяют среднюю прочность бетона R_m:

$$R_m = \frac{\sum R_i}{n},$$

где

R_i – единичное значение прочности бетона, МПа;

N – общее число единичных значений прочности бетона в партии.

За единичное значение прочности бетона принимают среднюю прочность серии образцов, изготовленных из одной пробы бетона сборных конструкций для одного вида нормируемой прочности.

2.1.46 Для каждой партии конструкций вычисляют среднеквадратическое отклонение S_m по формуле:

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(R_i - R_m)^2}{n-1}}.$$

При числе единичных значений прочности бетона партии от двух до шести, значение среднеквадратического отклонения допускается рассчитывать по формуле:

$$S_m = \frac{W_m}{\alpha},$$

где

W_m – размах прочности бетона в партии (разница между наибольшим и наименьшим значениями $W_m = R_{i,max} - R_{i,min}$);

коэффициент α принимается по ГОСТ 18105-2010 (см. таблицу 6).

2.1.47 Коэффициент вариации прочности бетона в партии вычисляют:

- при массовом производстве сборных конструкций – как средний по всем партиям за анализируемый период (не менее 15 партий);

- при производстве отдельных партий – по данным не менее 30 единичных значений прочности.

Для нерегулярно выпускаемой продукции указанный коэффициент вариации не вычисляется, а принимается равным коэффициенту вариации бетона другого состава, выпускаемого регулярно, при условии, что он изготавливается по той же технологии и отличается прочностью не более чем на два класса.

2.1.48 Для каждой партии конструкций вычисляют текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m:

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} \cdot 100,$$

где

S_m – среднеквадратическое отклонение прочности бетона для текущей партии;

R_m – средняя прочность бетона текущей партии, МПа.

Коэффициент вариации V_m вычисляют для всех видов нормируемой прочности.

2.1.49 Допускается для сборных конструкций коэффициент вариации прочности бетона в проектном возрасте не вычислять, а принимать равным 85% коэффициента вариации отпускной прочности.

2.1.50 При контроле по **схеме А** определяется среднее значение коэффициента вариации прочности бетона $\bar{V}_m$, а при контроле по схеме Б – скользящий коэффициент вариации прочности бетона за анализируемый

период V_c, рассчитываемых по формуле:

$$\overline{V}_m(V_c) = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_{m_i(c_i)} \cdot n_i}{\sum_{i=1}^{n} n_i},$$

где

$V_{m_i(c_i)}$ – коэффициенты вариации прочности бетона в каждой i-й партии;

n_i – число единичных значений прочности бетона в каждой i-й партии;

$\sum_{i=1}^{n} n_i$ – общее число единичных значений прочности бетона за анализируемый период

2.1.51 Требуемую прочность бетона каждого вида R_T для сборных конструкций (МПа) рассчитывают по формуле:

$$R_T = K_T B_{норм}.$$

2.1.52 При контроле **по схеме А** коэффициент K_T принимают по таблице 8 в зависимости от среднего коэффициента вариации прочности бетона за анализируемый период $\overline{V}_m$ или текущего коэффициента вариации прочности бетона контролируемой партии V_m.

2.1.53 При контроле по **схеме Б** коэффициент K_T рассчитывают по формуле

$$K_T = \frac{1}{1 - t_\alpha \frac{V_c}{100}},$$

где коэффициент t_α принимают по таблице 7 в зависимости от общего числа единичных значений прочности бетона в проконтролированных партиях сборных бетонных и железобетонных конструкций, по которым рассчитан скользящий коэффициент вариации прочности V_c.

2.1.54 При контроле прочности бетона сборных конструкций одной текущей партии неразрушающими методами контроля используют **схему В.** При этом прочность бетона определяют косвенными методами по предварительно

установленной градуировочной зависимости. При этом число контролируемых конструкций каждого вида принимают не менее 10% или не менее 12 конструкций из партии. Если партия состоит из 12 конструкций и менее, проводят сплошной контроль. При этом число контролируемых участков должно быть не менее одного на 4 м длины линейных конструкций и не менее одного на 4 $м^2$ площади плоских конструкций.

2.1.55 При контроле прочности бетона сборных конструкций по **схеме В** определяют фактическую прочность бетона в контролируемой партии сборных конструкций R_m. При этом за единичное значение прочности бетона R_i принимают:

- при контроле сборных конструкций (плоских и многопустотных плит перекрытий и покрытий, дорожных плит, панелей внутренних несущих стен, стеновых блоков, а также напорных и безнапорных труб) – среднюю прочность бетона конструкции, вычисленную как среднеарифметическое значение прочности бетона контролируемых участков конструкции;

- при контроле других видов конструкций – среднюю прочность бетона конструкции или контролируемого участка или зоны конструкции.

2.1.56 Коэффициент вариации прочности бетона V_m по **схеме В** определяется для контролируемой партии.

2.1.57 Требуемую прочность бетона $R_Т$ при контроле по **схеме В**, приняв коэффициент $K_Т$ по таблице 8, рассчитывают по формуле:

$$R_Т = K_Т \cdot B_{норм}.$$

2.1.58 В начальный период до накопления, необходимого для ведения статистического контроля числа результатов испытаний, контроль прочности бетона ведут по **схеме Г**. При этом коэффициент $K_Т$ принимают по таблице 9 в зависимости вида бетона:

2.1.59 Оценка прочности бетона сборных конструкций производится по п.8.2 ГОСТ 18105. Партия сборных конструкций подлежит приемке по прочности бетона, если фактическая прочность бетона сборных конструкций в партии R_m не ниже требуемой прочности $R_Т$, а минимальное единичное значение прочности $R_{i,min}$ – не менее величины $(R_Т - 4)$ и не менее нормируемого класса бетона сборных

конструкций по прочности:

$$R_m \geq R_T,$$

$$B(B_t, B_{tb}) < R_i^{min} \geq (R_T - 4).$$

Испытания образцов, отобранных из конструкций

2.1.60 Испытания образцов отобранных из конструкций выполняют для определения прочности бетона сборных и монолитных конструкций, как правило, при инспекционных и экспертных испытаниях прочности бетона в конструкциях действующих и реконструируемых зданий и сооружений.

2.1.61 При производственном контроле прочности бетона конструкций испытания отобранных из конструкций и изделий образцов следует производить по схемам А и Б по аналогии с испытаниям образцов изготовленных из БСГ. Места отбора проб бетона, размер и число проб, число серий образцов, изготавливаемых из этих проб следует принимать в соответствии с требованиям схем А и Б соответственно.

2.1.62 Форма и номинальные размеры образцов должны соответствовать требованиям ГОСТ 10180, предъявляемым к отобранным образцам.

2.1.63 Отбор проб бетона из конструкций и изготовление образцов выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 28570.

2.1.64 Подготовка к испытаниям и испытания образцов выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 10180 и ГОСТ 28570.

2.1.65 Испытания прочности бетона конструкций эксплуатируемых и реконструируемых зданий и сооружений, а также при обследовании, производятся по партиям конструкций. В одну партию конструкций объединяют конструкции одного типа, изготовленные из бетона одного номинального состава по одной технологии с одинаковой ожидаемой прочностью. При отсутствии информации о составе бетона, технологии изготовления и ожидаемой прочности конструкции можно объединить в партии по пространственному положению – горизонтальные и вертикальные, в рамках одного температурного блока здания или сооружения, или в рамках блока, конструкции в котором имеют одинаковые параметры – пролет, высота, размеры

сечений.

2.1.66 При испытаниях прочности бетона конструкций по отобранным образцам отбирают не менее двух проб бетона из каждой партии конструкций. Из каждой пробы изготавливают серии образцов. Количество образцов или испытаний образцов в каждой серии должно соответствовать требованиям ГОСТ 28570 (см. табл. 3) и зависит от минимального из размеров образца.

Таблица 3

Минимальный размер образца, мм	≥ 90	61–80	≤ 60
Число образцов в серии	2	3	4

2.1.67 Для каждой партии конструкций определяется фактическая прочность бетона конструкций по формуле:

$$R_m = \frac{\sum R_i}{n},$$

где

R_i –единичное значение прочности бетона, МПа;

n – общее число единичных значений прочности бетона в партии.

За единичную прочность R_i при экспертных испытаниях бетона принимается средняя прочность образцов в серии.

2.1.68 Фактический класс бетона по прочности для каждой партии конструкций определяется при числе единичных значений прочности $n \geq 15$ по формуле:

$$B_\phi = \frac{R_m}{K_T}.$$

При этом коэффициент $K_\text{Т}$ определяется по таблице 9 (см. раздел 4 настоящего пособия) в зависимости от вида бетона и коэффициента вариации прочности бетона V_m в партии испытываемых конструкций.

2.1.69 Коэффициент вариации прочности бетона определяется по формуле:

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} \cdot 100,$$

где S_m – среднеквадратическое отклонение прочности, определяемое для каждой партии конструкций по формуле

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(R_i - R_m)^2}{n-1}}.$$

2.1.70 При числе единичных значений прочности $n \leq 15$ фактический класс бетона по прочности для каждой партии конструкций определяется по формуле:

$$B_ф = 0{,}8R_m.$$

2.2 Неразрушающий контроль

Общие положения

2.2.1 Определение прочности бетона монолитных и сборных конструкций неразрушающими методами выполняется при контроле прочности, проведении обследования и определении экспертной оценки контролируемой партии конструкций или части конструкций.

2.2.2 Определение прочности бетона на объектах, следует проводить статистическими методами с учетом характеристик однородности бетона по прочности, также допускается использовать статистические методы без определения характеристик бетона. Выбор методики определения прочности бетона следует производить в соответствии с программой работ.

2.2.3 Определение прочности бетона монолитных и сборных железобетонных конструкций неразрушающими методами проводят по схемам В и Г.

Схема В – определение характеристик однородности бетона по прочности, когда используют результаты неразрушающего контроля прочности бетона одной текущей контролируемой партии конструкций, при этом число контролируемых конструкций каждого вида принимают не менее 10% или не менее 12 конструкций из партии. Если партия состоит из 12 конструкций и менее, проводят сплошной контроль. При этом число контролируемых участков должно быть не менее одного на 4 м длины линейных конструкций и не менее одного на 4 м^2 площади плоских конструкций.

Схема Г – без определения характеристик однородности бетона по прочности,

когда в начальный период производства невозможно получить число результатов определения прочности бетона, предусмотренное схемами А и Б, или при проведении неразрушающего контроля прочности бетона без построения градуировочных зависимостей, но с использованием универсальных зависимостей путем их привязки к прочности бетона контролируемой партии конструкций.

При выборе схемы определения прочности бетона необходимо учитывать следующие критерии сравнения схем В и Г.

Схема В позволяет получить более корректные результаты определения прочности бетона, за счет большего количества испытаний в партии, используя параллельные (прямой и косвенный) методы неразрушающего контроля, с построением новой градуировочной зависимости и определением коэффициента вариации.

Схема Г является упрощенной методикой схемы В, при которой получают пониженные результаты определения прочности бетона, за счет использования и уточнения универсальных градуировочных зависимостей, при этом количество испытаний, полученных параллельным методом неразрушающего контроля могут быть сокращены до ¼ объема работ по сравнению с методикой проведения работ по схеме В.

2.2.4 Требуемое количество контролируемых участков, испытываемых параллельно косвенным и прямым методами, в партии следует принимать в зависимости от выбранной схемы определения прочности бетона:

- по схеме В для построения градуировочной зависимости – не менее 12. Общее количество контрольных участков для определения характеристик однородности бетона – не менее 20;

- по схеме Г для уточнения универсальных градуировочных зависимостей –не менее 3, в соответствии с ГОСТ 17624 и ГОСТ 22690.

2.2.5 Общее количество и расположение контролируемых участков в партии следует принимать:

- 1 на 4 м длины для линейных конструкций (балки);

- 1 на 4 $м^2$ площади плоских конструкций (стены, плиты);

Контроль прочности бетона монолитных конструкций на строительной площадке

2.2.6 Контроль и оценку прочности бетона в организациях, производящих монолитные бетонные и железобетонные конструкции на строительной площадке, следует проводить статистическими методами с учетом характеристик однородности по прочности.

Контроль прочности бетона для монолитных конструкций на строительной площадке проводят по схемам «В» и «Г».

2.2.7 В соответствии с п. 4.2 ГОСТ 18105 для монолитных железобетонных конструкций при строительстве контролю подлежат все виды нормируемой прочности:

- прочность в проектном возрасте;

- прочность в промежуточном возрасте (при снятии несущей опалубки, нагружении конструкций до достижения ими проектной прочности и т.д.), если она нормируется ППР или иными техническими документами.

2.2.8 При контроле прочности бетона по каждому виду нормируемой прочности, указанному в п. 2.2.7 настоящего Пособия по схеме «В», выполняют определение характеристик однородности бетона по прочности с использованием результатов неразрушающего контроля прочности бетона одной текущей контролируемой партии конструкций, при соответствии числа единичных значений прочности бетона требованиям п. 5.8 ГОСТ 18105.

Контроль и оценку прочности бетона партий монолитных конструкций по схеме «В» при строительстве осуществляет в соответствии с п. 4.8 ГОСТ 18105.

При контроле и оценке прочности бетона в партии монолитных конструкций:

- определяют фактическую прочность бетона R_m в контролируемой партии в соответствии с п. 5.9 ГОСТ 18105;

- рассчитывают по п. 6.5 ГОСТ 18105 среднеквадратическое отклонение S_m прочности бетона в партии и коэффициент корреляции r,

- рассчитывают по п. 6.6 ГОСТ 18105 текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m в контролируемой партии,

- определяют по п. 7.3 ГОСТ 18105 фактический класс бетона по прочности партии монолитных конструкций, либо по п. 7.4 ГОСТ 18105-2010 фактический класс бетона по прочности отдельных вертикальных монолитных конструкций $B_{ф.}$

- проводят по п. 8.3 ГОСТ 18105 оценку прочности бетона в контролируемой партии.

2.2.9 При разделении испытуемых монолитных конструкций на партии, руководствуются указаниями п. 3.1.8 и п.5.1 ГОСТ 18105.

2.2.10 Необходимые данные для включения монолитных конструкций в партию содержатся в журнале бетонных работ на строительной площадке.

2.2.11 При определении фактической прочности бетона ультразвуковым методом или непрямыми механическими неразрушающими методами, предварительно устанавливают градуировочную зависимость между косвенной характеристикой прочности, определяемой по ГОСТ 17624 и ГОСТ 22690 и прочностью бетона, определяемой одним из разрушающих или прямых неразрушающих методов, путем выполнения параллельных испытаний одних и тех же участков конструкций.

2.2.12 Градуировочные зависимости устанавливают отдельно по каждому виду нормируемой прочности, указанному в п.4.2 ГОСТ 18105. При построении градуировочной зависимости выбирают не менее 12 участков, включая участки, в которых значение косвенного показателя максимальное, минимальное и имеет промежуточные значения.

2.2.13 Число и расположение контролируемых участков в конструкциях при определении фактической прочности бетона должно соответствовать п. 5.7 и 5.8 ГОСТ 18105 и указываться в проектной документации на конструкции или устанавливаться с учетом:

- задач контроля (определение фактического класса бетона, распалубочной прочности, выявление участков пониженной прочности и т.п.)

- вида конструкции (колонны, балки, плиты);

- размещения захваток и порядка бетонирования;

- армирования конструкций.

При контроле прочности бетона монолитных конструкций в промежуточном возрасте неразрушающими методами контролируют не менее одной конструкции каждого вида (колонна, стена, перекрытие, ригель и т.д.) из контролируемой партии. При контроле прочности бетона монолитных конструкций в проектном возрасте неразрушающими методами проводят сплошной неразрушающий контроль прочности бетона всех конструкций контролируемой партии. При этом число контролируемых участков должно быть не менее:

- трех на каждую захватку – для плоских конструкций (стен, перекрытий, фундаментных плит);

- одного на 4 м длины (или трех на захватку) – для каждой линейной горизонтальной конструкции (балка, ригель);

- шести на каждую конструкцию – для линейных вертикальных конструкций (колонна, пилон).

Общее число участков измерений для расчета характеристик однородности прочности бетона партии конструкций должно быть не менее 20.

2.2.14 Правила назначения числа участков испытаний монолитных конструкций при определении фактической прочности бетона при контроле механическими неразрушающими методами приведены в прил. И ГОСТ 22690.

2.2.15 Общее количество измерений прочности бетона механическими неразрушающими методами на каждом участке, расстояние между местами измерений на участке и от края конструкции, толщина конструкций на участке измерений должны быть не менее значений, приведенных в ГОСТ 22690 в зависимости от метода испытаний (таблица 4).

Таблица 4 – Требования к участкам испытаний

Наименование метода	Общее число измерений на участке	Минимальное расстояние между местами измерений на участке, мм	Минимальное расстояние от края конструкции до места измерения, мм	Минимальная толщина конструкции, мм
Упругий отскок	9	30	50	100
Ударный импульс	10	15	50	50
Пластическая дефомация	5	30	50	70
Скалывание ребра	2	200	-	170
Отрыв	1	2 диаметра диска	50	50
Отрыв со скалыванием при рабочей глубине заделки анкера: 40 мм <40 мм	 1 2	 5*h*	 150	 2*h*

2.2.16 Отклонение отдельных результатов на каждом участке от среднего арифметического значения результатов измерений для данного участка не должно превышать 10%. Результаты измерений, не удовлетворяющие указанному условию, не учитывают при вычислении среднего арифметического значения показателя для данного участка.

2.2.17 Общее число измерений на каждом участке при вычислении среднего арифметического должно соответствовать требованиям табл.2 ГОСТ 22690 (см. таблица 4).

2.2.18 Правила назначения числа участков испытаний монолитных конструкций при определении фактической прочности бетона при контроле ультразвуковым методом приведены в приложении Е ГОСТ 17624.

2.2.19 Количество измерений прочности бетона ультразвуковым методом на каждом участке выполняют в соответствии с п. 7.8 ГОСТ 17624.

2.2.20 Общее число измерений на каждом участке при вычислении среднего арифметического должно соответствовать требованиям табл.2 ГОСТ 22690 (см. таблица 4).

2.2.21 Отклонение отдельных результатов от среднего арифметического значения при поверхностном или сквозном прозвучивании монолитных конструкций должно соответствовать условиям, приведенным в п. 6.7 ГОСТ 17624.

2.2.22 Градуировочные зависимости устанавливают в соответствии с методиками, приведенными в приложениях Б ГОСТ 17624 и Е ГОСТ 22690 (см. раздел 4 настоящего пособия).

Для партии монолитных конструкций определяют среднюю прочность бетона R_m по формуле (1) ГОСТ 18105:

$$R_m = \frac{\sum R_i}{n},$$

где

R_i –единичное значение прочности бетона i-го участка, МПа;

n – общее число единичных значений прочности бетона в партии.

За единичное значение прочности бетона при неразрушающем контроле монолитных конструкций принимают среднюю прочность бетона контролируемого участка конструкции.

2.2.23 При контроле прочности бетона неразрушающими методами, если в качестве единичного значения принимают прочность участка, зоны или отдельной конструкции, среднеквадратическое отклонение S_m прочности бетона в партии рассчитывают по формуле (4) ГОСТ 18105-2010:

$$S_m = \left(S_{н.м} + \frac{S_т}{\sqrt{n-1}} \right) \frac{1}{0{,}7r + 0{,}3},$$

где

S_m – среднеквадратическое отклонение прочности бетона в контролируемой партии, МПа;

$S_{Н.М}$ – среднеквадратическое отклонение прочности бетона в контролируемой партии по результатам ее определения неразрушающими методами, МПа;

$S_Т$ – рассчитанное среднеквадратическое отклонение используемой градуировочной зависимости, МПа; $S_Т$ определяют по формуле (5) ГОСТ 18105-2010:

$$S_Т = \sqrt{S^2_{Т.Н.М} + S^2_{Т.Р.М}},$$

$S_{Т.Н.М}$ – среднеквадратическое отклонение построенной градуировочной зависимости, МПа;

$S_{Т.Р.М}$ – среднеквадратическое отклонение разрушающих или прямых

неразрушающих методов, использованных при построении градуировочной зависимости, МПа; $S_{\text{Т.Р.М}}$ принимают равным:

- для метода отрыва со скалыванием – 0,04 средней прочности бетона участков, использованных при построении градуировочной зависимости при анкерном устройстве с глубиной заделки 48 мм;

0,05 средней прочности – при глубине 35 мм;

0,06 средней прочности – при глубине 30 мм;

0,07 средней прочности – при глубине 20 мм;

- для разрушающих методов – 0,02 средней прочности испытанных образцов.

2.2.24 Значение коэффициента корреляции r определяют при построении градуировочной зависимости по формуле (6) ГОСТ 18105-2010:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(R_{iH} - \overline{R}_{iH}) \cdot (R_{i\Phi} - \overline{R}_{i\Phi})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(R_{iH} - \overline{R}_{iH})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(R_{i\Phi} - \overline{R}_{i\Phi})^2}},$$

где r – коэффициент корреляции градуировочной зависимости;

Значение r должно быть не менее 0,7 где $R_{i\Phi}$ и $R_{i\text{Н}}$ – значения прочности бетона участков, определяемой разрушающими и неразрушающими методами при установлении градуировочной зависимости.

2.2.25 Текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m в партии монолитных конструкций определяют по формуле (7) ГОСТ 18105-2010:

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} 100,$$

где

V_m – текущий коэффициент вариации прочности бетона в партии, %;

S_m – среднеквадратическое отклонение прочности бетона для текущей партии;

R_m – средняя прочность бетона текущей партии, МПа, определяемая в соответствии с п. 5.3.17 настоящего Пособия.

Коэффициент вариации V_m вычисляют для всех видов нормируемой прочности.

2.2.26 Фактический класс бетона по прочности партии монолитных конструкций $B_ф$ при контроле по схеме В рассчитывают по формуле (11) п. 7.3 ГОСТ 18105-2010:

$$B_ф = \frac{R_m}{K_т}.$$

где

$B_ф$ – фактический класс прочности бетона, МПа;

R_m – средняя прочность бетона текущей партии, МПа, определяемая в соответствии с п. 2.2.22 настоящего Пособия.

$K_т$ – коэффициент требуемой прочности;

Значение коэффициента $K_т$ принимают по таблице 2 ГОСТ 18105 (см. таблицу 9).

2.2.27 Фактический класс бетона по прочности отдельных вертикальных монолитных конструкций $B_ф$ при контроле по схеме В рассчитывают по формуле (12) п. 7.4 ГОСТ 18105:

$$B_ф = R_m - t_β \frac{S_т}{\sqrt{n}},$$

где

$S_т$ – рассчитанное среднеквадратическое отклонение используемой градуировочной зависимости, МПа;

$t_β$ – коэффициент, принимаемый по таблице 11 в зависимости от числа единичных значений n.

2.2.28 Приемку партий монолитных конструкций проводят по прочности в промежуточном и проектном возрасте.

2.2.29 Партия монолитных конструкций подлежит приемке по прочности бетона, если фактический класс бетона по прочности $B_ф$ в каждой отдельной конструкции этой партии не ниже проектного класса бетона по прочности $B_{норм}$:

$$B_ф \geq B_{норм}.$$

2.2.30 Возможность использования (или необходимость усиления) партий

конструкций, фактическая прочность или фактический класс бетона по прочности которых не соответствует требованиям 2.2.29 настоящего Пособия, должна быть согласована с проектной организацией объекта строительства.

2.2.31 Значения фактического класса прочности бетона каждой монолитной конструкции должны быть приведены в документе о результатах текущего контроля.

2.2.32 Результаты испытаний оформляют в заключении.

2.2.33 В заключении приводят:

- данные об испытанных конструкциях с указанием проектного класса прочности, даты бетонирования и проведения испытаний;

- данные, используемые для построения градуировочной зависимости или ее привязки к конкретным условиям;

- данные о числе участков определения прочности бетона с указанием их размещения;

- прочность бетона участков и среднюю прочность бетона захватки или конструкции;

- фактический класс бетона по прочности.

2.2.34 Результаты испытаний представляют в табличной форме, в которой указывают вид конструкций, проектный класс бетона, возраст бетона, прочность бетона каждого контролируемого участка и фактический класс бетона по прочности, рассчитанный по ГОСТ 18105 (таблица 5).

Таблица 5

Наименование конструкций (партии конструкций), проектный класс прочности бетона, дата бетонирования или возраст бетона испытанных конструкций	Обозначение[1]	N участка по схеме или расположение в осях[2]	Прочность бетона, МПа[3]		Класс прочности бетона[5] $B_ф$
			участка[3] R_i	средняя[4] R_m	
1	2	3	4	5	6

[1]Марка, условное обозначение и (или) расположение конструкции в осях, зоны конструкции, или части монолитной и сборно-монолитной конструкции (захватки), для которой определяется класс прочности бетона.
[2]Общее число и расположение участков в соответствии с п.2.2.13. настоящего Пособия.
[3]Прочность бетона в контролируемом участке конструкции определяемое по среднему значению косвенного показателя по градуировочной зависимости, установленной в соответствии с требованиями Пособия, при условии, что вычисленное значение косвенного показателя находится в пределах установленной (или привязанной) зависимости (между наименьшим и наибольшим значениями прочности).
[4] Средняя прочность бетона конструкции, зоны конструкции или части монолитной и сборно-монолитной конструкции при количестве участков, отвечающих требованиям п.2.2.13. настоящего Пособия.
[5] Фактический класс прочности бетона конструкции или части монолитной и сборно-монолитной конструкции согласно пунктам 7.3–7.4 ГОСТ 18105 в зависимости от выбранной схемы контроля.
Примечание – Представление в графе «Класс прочности бетона» оценочных значений класса или значений требуемой прочности бетона для каждого участка отдельно (оценка класса прочности по одному участку) не допустимо.

2.2.35 При контроле прочности бетона по каждому виду нормируемой прочности, указанному в п.2.2.8. настоящего Пособия по схеме «Г», не определяют характеристик однородности бетона по прочности при проведении неразрушающего контроля прочности бетона без построения градуировочных зависимостей, но с использованием универсальных градуировочных зависимостей путем их привязки к прочности бетона контролируемой партии конструкций.

Контроль и оценку прочности бетона партий монолитных конструкций по схеме «Г» при строительстве осуществляет в соответствии с п. 4.8 ГОСТ 18105. При контроле и оценке прочности бетона в партии монолитных конструкций:

1. выполняют параллельные испытания неразрушающими методами и методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690 или испытанием кернов по ГОСТ 28570 не менее чем в трех участках в конструкции (в партии конструкций),

2. определяют коэффициент совпадения Кс по формуле:

$$K_c = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{R_{\text{пр}i}}{R_{\text{косв}i}},$$

где

$R_{\text{пр}i}$ – прочность бетона в участке, определяемая методом отрыва со скалыванием или скалыванием ребра по ГОСТ 22690 или испытанием кернов по ГОСТ 28570;

$R_{\text{косв}i}$ – прочность бетона в участке, определяемая косвенным методом по используемой градуировочной зависимости;

n – число участков, принимаемое не менее трех;

3. определяют неразрушающими или разрушающими методами фактическую прочность бетона R_m в контролируемой партии в соответствии с п. 5.9 ГОСТ 18105;

4. уточняют используемую универсальную градуировочную зависимость, или установленную для бетона, отличающегося от испытуемого, путем умножения значения прочности бетона, определенного с использованием этой градуировочной зависимости на коэффициент соответствия *К*с.

5. определяют по п. 7.5 ГОСТ 18105 фактический класс бетона по прочности партии монолитных конструкций,

6. проводят по п. 8.3 ГОСТ 18105 оценку прочности бетона в контролируемой партии.

2.2.36 В исключительных случаях (при невозможности проведения сплошного контроля прочности бетона монолитных конструкций с использованием неразрушающих методов) допускается определять прочность бетона по контрольным образцам, изготовленным на строительной площадке и твердевшим в условиях, предусмотренных проектом производства работ или технологическим регламентом на производство монолитных бетонных и железобетонных конструкций данного объекта строительства, или по контрольным образцам, отобранным из конструкций в соответствии с ГОСТ 28570. При этом фактический класс прочности бетона в партии конструкций при $n > 15$ рассчитывают по формуле (11) ГОСТ 18105, при $n < 15$ – по формуле (13) ГОСТ 18105, где n – количество конструкций в партии.

2.2.37 Фактическую прочность бетона R_m в контролируемой партии определяют в соответствии с п. 5.9 по формуле (1) ГОСТ 18105:

$$R_m = \frac{\sum R_i}{n},$$

где

R_i – единичное значение прочности бетона i-го контролируемого участка, МПа;

n – общее число единичных значений прочности бетона в партии (число участков).

За единичное значение прочности бетона при неразрушающем контроле монолитных конструкций принимают среднюю прочность бетона контролируемого участка конструкции.

2.2.38 Число и расположение контролируемых участков в партии конструкций при определении фактической прочности бетона R_m, число измерений на каждом отдельном участке определяются в соответствии с пп. 5.3.8–5.3.15. настоящего Пособия и устанавливается с учетом:

- задач контроля (определение фактического класса бетона, распалубочной прочности, выявление участков пониженной прочности и т.п.)

- вида конструкции (колонны, балки, плиты);

- размещения захваток и порядка бетонирования;

- армирования конструкций.

2.2.39 Фактический класс бетона по прочности монолитных конструкций $B_ф$ при контроле по схеме Г определяют в соответствии с формулой (13) п. 7.5 ГОСТ 18105 и принимают равным 80% средней прочности бетона конструкций R_m, но не более минимального частного значения прочности бетона отдельной конструкции или участка конструкции, входящих в контролируемую партию:

$$B_ф = 0{,}8R_m,$$

$$B_ф < R_i^{min},$$

где

R_i^{min} – единичное, минимальное значение прочности бетона в партии для i-го контролируемого участка, Мпа,

R_m – фактическое значение прочности бетона в партии.

2.2.40 Приемку партий монолитных конструкций проводят по прочности в промежуточном и проектном возрасте.

2.2.41 Партия монолитных конструкций подлежит приемке по прочности бетона, если фактический класс бетона по прочности $B_ф$ в каждой отдельной конструкции этой партии не ниже проектного класса бетона по прочности $B_{норм}$:

$$B_ф \geq B_{норм}.$$

2.2.42 Возможность использования (или необходимость усиления) партий конструкций, фактическая прочность или фактический класс бетона по прочности которых не соответствует требованиям 2.2.41 настоящего Пособия, должна быть согласована с проектной организацией объекта строительства.

2.2.43 Значения фактического класса прочности бетона каждой монолитной конструкции должны быть приведены в документе о результатах текущего контроля.

2.2.44 Результаты испытаний оформляют в заключении, содержащем данные испытаний в табличной форме в соответствии с пп. 2.2.32–2.2.34 настоящего Пособия.

Определение прочности бетона монолитных конструкций при обследовании

2.2.45 Прочность бетона монолитных бетонных и железобетонных конструкций по ГОСТ 18105 определяется по трем характеристикам:

- фактическая прочность бетона R_m в контролируемой партии в возрасте более 28 суток;

- текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m в контролируемой партии;

- фактический класс бетона по прочности $В_ф$.

По средней прочности R_m в партии конструкций или отдельных вертикальных конструкций определяется коэффициент вариации прочности V_m, а также устанавливается фактический класс бетона $В_ф$.

2.2.46 Прочность монолитных железобетонных конструкций определяют путем испытаний на выбранных контрольных участках партии конструкций.

2.2.47 В качестве характеристик однородности бетона по прочности,

используемых для определения фактического класса бетона $B_ф$ монолитных бетонных и железобетонных конструкций, вычисляют текущий коэффициент вариации прочности бетона $\bar{V}_m$ в партии конструкций.

2.2.48 При определении прочности бетона монолитных конструкций на объекте обследования предусмотрен следующий порядок:

По схеме В

1. Определяют фактическую прочность бетона Rm в каждой партии монолитных конструкций по формуле:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n},$$

где

R_i – единичное значение прочности бетона i-го участка, МПа;

n – общее число единичных значений прочности бетона в партии.

2. Рассчитывают характеристики однородности бетона по прочности – текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m в каждой партии по формуле:

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} \cdot 100,$$

где

S_m – среднеквадратическое отклонение прочности бетона в партии, МПа, определяемое по формуле:

$$S_m = \left(S_{\text{Н.М.}} + \frac{S_т}{\sqrt{n-1}}\right) \frac{1}{0{,}7r+0{,}3},$$

здесь $S_{\text{Н.М}}$ – среднеквадратическое отклонение прочности бетона в контролируемой партии по результатам ее определения неразрушающими методами, определяемое по формуле:

$$S_{н.м.} = \sqrt{\frac{(R_{(прямой\ метод)i} - R_{(прямой\ метод)m})^2}{n-1}};$$

$S_т$ – рассчитанное среднеквадратическое отклонение используемой градуировочной зависимости, определяемое по формуле:

$$S_т = \sqrt{S^2_{\text{Т.Н.М}} + S^2_{\text{Т.Р.М}}};$$

$S_{\text{Т.Н.М}}$ – среднеквадратическое отклонение построенной градуировочной зависимости, принимаемой по формуле:

$$S_{T.H.M.} = S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(R_{i\phi} - R_{iH})^2}{N-2}};$$

$S_{\text{Т.Р.М}}$ – среднеквадратическое отклонение разрушающих или прямых неразрушающих методов, использованных при построении градуировочной зависимости, принимаемое:

- для метода отрыва со скалыванием – 0,04 средней прочности бетона участков, использованных при построении градуировочной зависимости при анкерном устройстве с глубиной заделки 48 мм; 0,05 средней прочности – при глубине 35 мм; 0,06 средней прочности – при глубине 30 мм; 0,07 средней прочности – при глубине 20 мм;

- для разрушающих методов – 0,02 средней прочности испытанных образцов;

r – коэффициент корреляции градуировочной зависимости.

3. Определяют фактический класс бетона B_ϕ для партии по характеристикам однородности прочности бетона по формулам:

$$B_{\text{ф}} = \frac{R_m}{K_{\text{Т}}} \text{ – для партии конструкций,}$$

где $K_{\text{Т}}$ – коэффициент требуемой прочности, принимаемый по таблице 9;

$$B_{\text{ф}} = R_m - t_{\text{в}} \frac{S_{\text{Т}}}{\sqrt{n}}, \text{ – для отдельных вертикальных конструкций.}$$

где

$S_{\text{Т}}$ – рассчитанное среднеквадратическое отклонение используемой градуировочной зависимости, МПа;

$t_{\text{в}}$ – коэффициент, зависящий от числа единичных значений n, принимаемый по таблице 11.

По схеме Г

1. Определяют коэффициент совпадения K_c, уточняющий используемую градуировочную зависимость, установленную для бетона, отличающегося от испытуемого, по формуле:

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{R_{(прямой\ метод)i}}{R_{(косвенный\ метод)i}}}{n}.$$

При вычислении коэффициент совпадения K_c должны быть соблюдены следующие условия:

- каждое частное значение $\frac{R_{(прямой\ метод)i}}{R_{(косвенный\ метод)i}}$ должно быть не менее 0,7 и не более 1,3;

- каждое частное значение $\frac{R_{(прямой\ метод)i}}{R_{(косвенный\ метод)i}}$ должно отличаться от вычисленного коэффициента совпадения K_c не более чем на ±15%.

2. Определяют фактическую прочность бетона R_m в каждой партии монолитных конструкций.

3. Определяют фактический класс бетона $B_ф$ для партии конструкций без учета характеристик однородности прочности бетона по формуле:

$$B_ф = 0{,}8R_m.$$

2.2.49 В состав партии монолитных бетонных и железобетонных конструкций включают конструкции, по следующим критериям:

- при отсутствии архивной (проектно-исполнительной) документации по объекту обследования, свидетельствующей о проектных классах бетона в конструкциях здания, распределение конструкций по контролируемым партиям рекомендуется выполнять по вертикальным (*стены, колонны*) и горизонтальным (*балки, плиты*) несущим конструкциям, а также согласно с программой обследования, в соответствии с п.7.1.1 ГОСТ 17624;

Примечание: при определении прочности и построении градуировочной зависимости для бетона, возраст которого превышает два месяца, различие в возрасте отдельных конструкций (участков, образцов) не регламентируется.

- при выявлении по результатам визуального обследования вскрытых участков конструкций на предмет различия заполнителя в бетоне конструкций, в этом случае данные конструкции следует определить, как отдельную партию конструкций.

2.2.50 При определении прочности бетона в контролируемой партии по схеме В предусмотрен следующий порядок действий:

- распределение конструкций по партиям, согласно п. 2.2.10;

- определение числа и мест расположения испытываемых участков в партии, согласно п. 2.2.4 «Общие положения»;

- проведение испытаний косвенным методом, после чего из всего диапазона испытываемых участков, определяют максимальное и минимальное значения. На выбранных участках с максимальным и минимальным значениями – назначить проведение испытаний прямым методом;

- проведение испытаний прямым методом. Участки конструкций, предназначенные для испытаний бетона, должны располагаться в зоне наименьших напряжений, вызываемых эксплуатационной нагрузкой или усилием предварительного обжатия (усиления);

- перевод показаний, полученных прямым методом в единичные значения прочности, в соответствии с ГОСТ 22690;

- построение графика и уравнения градуировочной зависимости, на основании полученных показаний;

- перевод показаний, полученных косвенным методом, используя уравнение градуировочной зависимости;

- корректировка градуировночной зависимости, путем отбраковки исходных данных, используемых для построения градуировочной зависимости. Если при построении градуировочной зависимости с последующей отбраковкой число единичных значений менее требуемого, то производится повторный выезд на объект с целью проведения недостающего количества испытаний;

- проверка условий применения градуировочной зависимости. Если коэффициент корреляции $r < 0{,}7$ или среднеквадратическое отклонение градуировочной зависимости $S_{\text{т.мн}} / \bar{R} > 0{,}15$, то контроль и оценка прочности по полученной градуировочной зависимости не допускаются;

- определение фактической прочности R_m партии конструкций или отдельной конструкции;

- определение текущего коэффициента вариации V_m партии конструкций или отдельной конструкции;

- определение фактического класса бетона B_ϕ с учетом характеристик однородности бетона;

- составление и оформление результатов испытанных конструкций с указанием фактического класса бетона.

2.2.51 При определении прочности бетона в партии конструкций по схеме Г предусмотрен следующий порядок действий:

- распределение конструкций по партиям, согласно п. 2.2.10;

- определение числа и мест расположения испытываемых участков в партии, согласно п. 2.2.4 «Общие положения»;

- проведение испытаний косвенным методом, после чего из всего диапазона испытываемых участков, определяют максимальное и минимальное значения. На выбранных участках с максимальным и минимальным значениями – назначить проведение испытаний прямым методом;

- проведение испытаний прямым методом. Участки конструкций, предназначенные для испытаний бетона, должны располагаться в зоне наименьших напряжений, вызываемых эксплуатационной нагрузкой или усилием предварительного обжатия (усиления);

- перевод показаний, полученных прямым и косвенным методами в единичные значения прочности, по ранее установленной или универсальной градуировочной зависимости по ГОСТ 17624;

- определение коэффициента совпадения K_c;

- перевод показаний, полученных косвенным методом, используя уравнение градуировочной зависимости с учетом вычисленного коэффициента совпадения K_c;

- определение фактической прочности R_m партии конструкций или отдельной конструкции;

- определение фактического класса бетона B_ϕ, без учета характеристик однородности бетона;

- составление и оформление результатов испытанных конструкций с указанием фактического класса бетона.

Определение прочности сборных конструкций при обследовании

2.2.52 Прочность бетона сборных железобетонных конструкций по ГОСТ 18105 определяется по трем характеристикам:

- фактическая прочность бетона R_m в контролируемой партии в возрасте более 28 суток;
- текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m в контролируемой партии.

По средней прочности R_m в партии конструкций или отдельных вертикальных конструкций определяется коэффициент вариации прочности V_m.

2.2.53 При определении прочности бетона сборных конструкций на объекте обследования предусмотрен следующий порядок.

По схеме В

1. Определяют фактическую прочность бетона R_m в каждой партии сборных конструкций по формуле:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n},$$

где

R_i –единичное значение прочности бетона i-го участка, МПа;

n – общее число единичных значений прочности бетона в партии.

Рассчитывают характеристики однородности бетона по прочности – текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m в каждой партии по формуле:

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} \cdot 100,$$

здесь S_m – среднеквадратическое отклонение прочности бетона в партии, МПа, определяемое по формуле:

$$S_m = \left(S_{\text{Н.М.}} + \frac{S_T}{\sqrt{n-1}}\right) \frac{1}{0{,}7r+0{,}3};$$

$S_{\text{Н.М}}$ – среднеквадратическое отклонение прочности бетона в контролируемой партии по результатам ее определения неразрушающими методами, определяемое по формуле:

$$S_{н.м.} = \sqrt{\frac{(R_{(прямой\ метод)i} - R_{(прямой\ метод)m})^2}{n-1}};$$

S_T – рассчитанное среднеквадратическое отклонение используемой градуировочной зависимости, определяемое по формуле:

$$S_т = \sqrt{S^2_{Т.Н.М} + S^2_{Т.Р.М}};$$

$S_{Т.Н.М}$ – среднеквадратическое отклонение построенной градуировочной зависимости, принимаемой по формуле:

$$S_{Т.Н.М.} = S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(R_{iф} - R_{iН})}{N-2}};$$

$S_{Т.Р.М}$ – среднеквадратическое отклонение разрушающих или прямых неразрушающих методов, использованных при построении градуировочной зависимости, принимаемое:

- для метода отрыва со скалыванием – 0,04 средней прочности бетона участков, использованных при построении градуировочной зависимости при анкерном устройстве с глубиной заделки 48 мм; 0,05 средней прочности – при глубине 35 мм; 0,06 средней прочности – при глубине 30 мм; 0,07 средней прочности – при глубине 20 мм;

- для разрушающих методов – 0,02 средней прочности испытанных образцов.

r – коэффициент корреляции градуировочной зависимости.

3. Определяют фактический класс бетона $B_ф$ для партии по характеристикам однородности прочности бетона по формуле:

$$B_ф = \frac{R_m}{K_Т},$$

где $K_Т$ – коэффициент требуемой прочности, принимаемый по таблице 8.

По схеме Г

1. Определяют коэффициент совпадения K_c, уточняющий используемую градуировочную зависимость, установленной для бетона, отличающегося от испытуемого, по формуле:

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{R_{(прямой\ метод)i}}{R_{(косвенный\ метод)i}}}{n}.$$

При вычислении коэффициент совпадения K_c должны быть соблюдены условия, при которых частные значения $\frac{R_{(прямой\ метод)i}}{R_{(косвенный\ метод)i}}$ должны быть в пределах от 0,7

до 1,3 и отличаться от вычисленного коэффициента совпадения K_c не более чем на ±15%.

2. Определяют фактическую прочность бетона R_m в каждой партии сборных конструкций или отдельной конструкции.

3. Определяют фактический класс бетона $B_ф$ для партии конструкций без учета характеристик однородности прочности бетона по формуле:

$$B_ф = 0{,}8R_m.$$

2.2.54 В состав партии сборных железобетонных конструкций включают конструкции одного типа, расположенные в зоне одного температурного блока, секции и т.д.

Примечание: при определении прочности и построении градуировочной зависимости для бетона, возраст которого превышает два месяца, различие в возрасте отдельных конструкций (участков, образцов) не регламентируется.

2.2.55 При определении прочности бетона в партии конструкций по схеме В предусмотрен следующий порядок действий:

- распределение конструкций по партиям, согласно п.2.2.54;

- определение числа и мест расположения испытываемых участков в партии, согласно п. 2.2.4 «Общие положения»;

- проведение испытаний косвенным методом, после чего из всего диапазона испытываемых участков, определяют максимальное и минимальное значения. На выбранных участках с максимальным и минимальным значениями – назначить проведение испытаний прямым методом;

- проведение испытаний прямым методом. Участки конструкций, предназначенные для испытаний бетона, должны располагаться в зоне наименьших напряжений, вызываемых эксплуатационной нагрузкой или усилием предварительного обжатия (усиления);

- перевод показаний, полученных прямым методом в единичные значения прочности, в соответствии с ГОСТ 22690;

- корректировка градуировночной зависимости, путем отбраковки исходных данных, используемых для построения градуировочной зависимости. Если при

построении градуировочной зависимости с последующей отбраковкой число единичных значений менее требуемого, то производится повторный выезд на объект с целью проведения недостающего количества испытаний;

- проверка условий применения градуировочной зависимости. Если коэффициент корреляции $r < 0{,}7$ или среднеквадратическое отклонение градуировочной зависимости $S_{тмн}/\bar{R} > 0{,}15$, то контроль и оценка прочности по полученной градуировочной зависимости не допускаются;

- определение фактической прочности R_m партии конструкций или отдельной конструкции;

- определение текущего коэффициента вариации V_m партии конструкций или отдельной конструкции;

- составление и оформление результатов испытанных конструкций с указанием фактического класса бетона.

2.2.56 При определении прочности бетона в контролируемой партии по схеме Г предусмотрен следующий порядок действий:

- распределение конструкций по партиям, согласно п.2.2.54;

- определение числа и мест расположения испытываемых участков в партии, согласно п.6 «Общие положения»;

- проведение испытаний косвенным методом, после чего из всего диапазона испытываемых участков, определяют максимальное и минимальное значения. На выбранных участках с максимальным и минимальным значениями – назначить проведение испытаний прямым методом;

- проведение испытаний прямым методом. Участки конструкций, предназначенные для испытаний бетона, должны располагаться в зоне наименьших напряжений, вызываемых эксплуатационной нагрузкой или усилием предварительного обжатия (усиления);

- перевод показаний, полученных прямым и косвенным методами в единичные значения прочности, по ранее установленной или универсальной градуировочной зависимости по ГОСТ 17624;

- определение коэффициента совпадения K_c;

- перевод показаний, полученных косвенным методом, используя уравнение градуировочной зависимости с учетом вычисленного коэффициента совпадения K_c;

- определение фактической прочности R_m партии конструкций или отдельной конструкции;

- составление и оформление результатов испытанных конструкций с указанием фактического класса бетона.

3 Назначение и определение партий бетона

3.1 Контроль прочности и приемки БСГ проводится по партиям, в которые включают бетонную смесь одного номинального состава по ГОСТ 27006, изготовленную по одной технологии за определенный промежуток времени продолжительностью от одной смены до одной недели.

3.2 Допускается при контроле по схемам А и Б объединять в одну партию БСГ разного номинального состава и одного класса бетона по прочности, если выполняются следующие условия:

- максимальный из средних значений коэффициент вариации прочности бетонов объединенных составов за анализируемый период не превышает 13%;

- разность между максимальными и минимальными значениями коэффициента вариации прочности бетонов объединяемых составов за анализируемый период не превышает 2%;

- наибольшая крупность заполнителя в объединяемых составах отличается не более чем в два раза, а расход цемента в этих составах – не более чем на 10% среднего значения.

Условия объединения составов бетона проверяют один раз в год по результатам определения характеристик однородности бетона по прочности отдельно для каждого номинального состава за два последних контролируемых периода.

3.3 При объединении в одну партию БСГ различных составов значение коэффициента вариации прочности бетона в первый контролируемый период определяют как среднеарифметическое значение коэффициентов вариации для отдельных номинальных составов.

3.4 В состав партии сборных конструкций включают конструкции, изготовленные из бетонной смеси одного номинального состава, отформованные по одной технологии в течение не более одних суток.

3.5 В партию монолитных конструкций включаются конструкции изготовленные из бетона одного номинального состава в течении не менее одних суток и не более одной недели, уход за бетоном которых выполняется по одной

технологии и имеет одинаковые параметры. Необходимые данные для включения монолитных конструкций в партию содержатся в журнале бетонных работ на строительной площадке.

3.6 В состав партии монолитных бетонных и железобетонных конструкций при проведении обследований включают конструкции, по следующим критериям:

- при отсутствии архивной (проектно-исполнительной) документации по объекту обследования, свидетельствующей о проектных классах бетона в конструкциях здания, распределение конструкций по контролируемым партиям рекомендуется выполнять по вертикальным (*стены, колонны*) и горизонтальным (*балки, плиты*) несущим конструкциям, а также согласно с программой обследования, в соответствии с п.7.1.1 ГОСТ 17624;

Примечание: при определении прочности и построении градуировочной зависимости для бетона, возраст которого превышает два месяца, различие в возрасте отдельных конструкций (участков, образцов) не регламентируется.

- при выявлении по результатам визуального обследования вскрытых участков конструкций на предмет различия заполнителя в бетоне конструкций, в этом случае данные конструкции следует определить, как отдельную партию конструкций.

3.7 В состав партии сборных железобетонных конструкций включают конструкции одного типа, расположенные в зоне одного температурного блока, секции и т.д.

4 Статистическая оценка результатов контроля

Установление градуировочной зависимости

4.1 Градуировочная устанавливается для установления зависимости между прочностью бетона и косвенной характеристикой прочности бетона, напр. скорости или времени прохождения ультразвука, величины отскока, энергии удара и т.д.

4.2 Для установления градуировочной зависимости необходимо выполнить параллельные испытания прочности прямым и косвенным методами не менее чем на 12 участках, т.е. необходимо получить одно значение единичной прочности по прямому методу и одно значение косвенным методом на каждом из 12 участков, всего получив не менее 12 пар значений.

4.3 Для установления градуировочной зависимости следует использовать участки конструкций с различными показателями прочности, включив в выборку участки с максимальным, минимальным и промежуточными значениями прочности, предварительно испытав участки конструкций косвенным методом. Затем проводят испытания данных участков прямым методом.

4.4 При построении градуировочной зависимости отклонения единичных значений прочности бетона $R_{i\phi}$ от среднего значения прочности бетона участков $\bar{R}_\phi$, использованных для построения градуировочной зависимости, должны быть в пределах:

- от 0,5 до 1,5 среднего значения прочности бетона $\bar{R}_\phi$ при $\bar{R}_\phi \leq 20$ МПа;

- от 0,6 до 1,4 среднего значения прочности бетона $\bar{R}_\phi$

при 20 МПа $< \bar{R}_\phi \leq 50$ МПа;

- от 0,7 до 1,3 среднего значения прочности бетона $\bar{R}_\phi$

при 50 МПа $< \bar{R}_\phi \leq 80$ МПа;

- от 0,8 до 1,2 среднего значения прочности бетона $\bar{R}_\phi$

при $\bar{R}_\phi > 80$ МПа.

4.5 В случае если какие-то из результатов были отбракованы, в результате чего количество значений единичных прочностей стало менее 12, то их следует

заменить результатами повторных испытаний.

4.6 Уравнение зависимости «косвенная характеристика – прочность» принимают линейным по формуле

$$R = aH + b,$$

где

R – прочность бетона, МПа;

H – косвенная характеристика;

a и b – коэффициенты, рассчитываемы по формуле:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{N}(R_{i\text{ф}} - \bar{R}_{\text{ф}})(H_i - \bar{H})}{\sum_{i=1}^{N}(H_i - \bar{H})^2},$$

$R_{\text{ф}}$ – прочность бетона в i-м участке, определенная путем испытания прямым методом, МПа;

H_{i} – косвенная характеристика в i-м участке;

N – число участков, использовавшихся для построения градуировочной зависимости.

Средние значения прочности бетона $\bar{R}_{\text{ф}}$ и косвенной характеристики $\bar{H}$ рассчитываются по формулам:

$$\bar{R}_{\text{ф}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} R_{i\text{ф}}}{N},$$

$$\bar{H}_{\text{ф}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} H_i}{N}.$$

4.7 После построения градуировочной зависимости проводят ее корректировку путем отбраковки единичных результатов испытаний, не удовлетворяющих условию:

$$\frac{|R_{iH} - R_{i\text{ф}}|}{S} \leq 2,$$

где

$R_{i\text{ф}}$ – прочность бетона в i-м участке, определенная путем испытания прямым методом, МПа;

$R_{i\text{Н}}$ – прочность бетона в i-м участке, определенная по рассматриваемой градуировочной зависимости, МПа;

S – остаточное среднеквадратическое отклонение, рассчитываемое по

формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(R_{i\text{ф}} - R_{iH})^2}{N-2}},$$

где

$R_{i\text{ф}}$ – прочность бетона в i-м участке, определенная путем испытания прямым методом, МПа;

$R_{i\text{Н}}$ – прочность бетона в i-м участке, определенная по рассматриваемой градуировочной зависимости, МПа;

N – число участков, использовавшихся для построения градуировочной зависимости.

4.8 После отбраковки градуировочную зависимость устанавливают заново по оставшимся результатам испытаний. Отбраковку оставшихся результатов повторяют рассматривая условие отбраковки единичных результатов испытаний при использовании ранее скорректированной градуировочной зависимости. При этом частные значения прочности должны удовлетворять условиям, указанным в п. 8.4 настоящего пособия.

4.9 Для принятой градуировочной зависимости определяют следующие параметры:

- минимальное и максимальное значения косвенной характеристики $H_{\min}$, $H_{\max}$;

- среднеквадратическое отклонение $S_{\text{Т.Н.М}}$ построенной градуировочной зависимости по формуле:

$$S_{\text{Т.Н.М}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(R_{i\text{ф}} - R_{iH})^2}{N-2}};$$

- коэффициент корреляции градуировочной зависимости r по формуле:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N}(R_{iH} - \bar{R}_H)(R_{i\text{ф}} - \bar{R}_{\text{ф}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(R_{iH} - \bar{R}_H)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{N}(R_{i\text{ф}} - \bar{R}_{\text{ф}})^2}},$$

где

$R_{i\text{ф}}$ – прочность бетона в i-м участке, определенная путем испытания прямым методом, МПа;

$R_{i\text{Н}}$ – прочность бетона в i-м участке, определенная по рассматриваемой градуировочной зависимости, МПа;

$\bar{R}_ф$ – среднее значение прочности бетона по результатам испытания прямым методом;

N – число участков, использовавшихся для построения градуировочной зависимости

$\bar{R}_H$ – среднее значение прочности бетона по градуировочной зависимости, рассчитываемое по формуле:

$$\bar{R}_H = \frac{\sum_{i=1}^{N} R_{iH}}{N}.$$

4.10 Корректировка установленной зависимости с учетом дополнительно получаемых результатов испытаний должна производится не реже одного раза в месяц. При корректировке к существующим результатам испытаний добавляют не менее трех новых, полученных при минимальном, максимальном и промежуточном значениях косвенного показателя. По мере накопления данных результаты предыдущих испытаний, начиная с самых ранних, отбраковывают, чтобы общее число результатов не превышало 20. После добавления новых результатов и отбраковки старых минимальных и максимальных значений косвенной характеристики, градуировочную зависимость устанавливают заново.

4.11 Применение установленной градуировочной зависимости для определения прочности бетона допускается только для значений косвенной характеристики, попадающей в диапазон от H_{min} до $H_{max.}$

4.12 Если коэффициент корреляции $r < 0,7$ или значение $S_{т.н.м}/\bar{R}_ф > 0,15$, то проведение контроля и оценки прочности по полученной зависимости не допускается.

4.13 Результаты параллельных испытаний для определения градуировочной зависимости представляют в таблице по форме В.1 прил. В ГОСТ 17624-2012 (таблица 6).

Таблица 6

Номер участка	Значение косвенного показателя	Прочность, МПа			$\lvert R_{ч} - R_{ф} \rvert / S$		Примечание
		по результатам испытаний прямым неразрушающим методом по ГОСТ 22690	по градуировочной зависимости				
			до отбраковки	после отбраковки	до отбраковки	после отбраковки	
1	2	3	4	5	6	7	8

Привязка градуировочной зависимости

4.14 В ряде случаев допускается использовать ранее установленную градуировочную зависимость для бетона, отличающегося от испытуемого по составу, возрасту, условиям твердения и влажности с привязкой такой градуировочной зависимости к прочности испытуемого бетона. Для этого значение прочности бетона, определенное по градуировочной зависимости умножают на коэффициент совпадения K_c, вычисляемый по формуле:

$$K_c = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{R_{oci}}{R_{косвi}},$$

где

R_{oci} – прочность бетона в i-м участке, определенная методом отрыва со скалыванием или другим прямым методом;

$R_{косвi}$ – прочность бетона в i-м участке, определенная косвенным методом по используемой градуировочной зависимости;

n – число участков испытаний.

4.15 При вычислении коэффициента совпадений должны быть соблюдены следующие условия:

- число участков испытаний, учитываемых при вычислении коэффициента совпадений должно быть не менее трех, т.е. $n \geq 3$;

- каждое частное значение $R_{oci}/R_{косвi}$ должно отличаться от среднего значения не более чем на 15%:

$$0{,}85K_c \leq \frac{R_{oci}}{R_{косвi}} \leq 1{,}15K_c.$$

Значения $R_{\text{оси}}/R_{\text{косвi}}$ не удовлетворяющие выше указанным условиям, не должны учитываться при вычислении коэффициента совпадения $K_{\text{с}}$.

Приемка бетона по прочности

4.16 Приемку партий БСГ и конструкций проводят:

- по прочности в промежуточном и проектном возрасте – для БСГ и монолитных конструкций;

- по отпускной, передаточной и проектной прочности – для бетона сборных конструкций.

4.17 Партия БСГ и партия сборных конструкций подлежат приемке по прочности бетона, если фактическая прочность бетона в партии R_m не ниже требуемой прочности $R_{\text{Т}}$, а минимальное единичное значение прочности $R_i^{\min}$ – не менее величины $(R_{\text{Т}} - 4)$ и не менее нормируемого класса бетона по прочности.

$$R_m \geq R_{\text{Т}},$$

$$B(B_t, B_{tb}) < R_i^{\min} \geq (R_{\text{Т}} - 4).$$

4.18 Партия монолитных конструкций подлежит приемке по прочности бетона, если фактический класс бетона по прочности $B_{\text{ф}}$ в каждой отдельной конструкции этой партии не ниже проектного класса бетона по прочности $B_{\text{норм}}$:

$$B_{\text{ф}} \geq B_{\text{норм}}.$$

4.19 Контроль прочности бетона сборных конструкций в проектном возрасте проводят периодически по 2.1.28 сравнением требуемой прочности бетона в проектном возрасте со средней прочностью бетона в этом возрасте всех проконтролированных за неделю партий.

Прочность бетона сборных конструкций в проектном возрасте признают соответствующей требованиям, если выполняются указанные выше условия. Результаты проверки относятся ко всем партиям бетона, изготовленным за неделю.

4.20 В случае нарушения указанных условий изготовитель обязан в трехдневный срок после окончания всех испытаний сообщить об этом потребителю.

Возможность использования (или необходимость усиления) партий

конструкций, фактическая прочность или фактический класс бетона по прочности которых не соответствует требованиям, должна быть согласована с проектной организацией объекта строительства.

4.21 Значения требуемой прочности бетона БСГ и сборных конструкций должны быть указаны в документе о качестве партий БСГ по ГОСТ 7473 и сборных конструкций – по ГОСТ 13015.

4.22 Значения фактического класса прочности бетона каждой монолитной конструкции должны быть приведены в документе о результатах текущего контроля или документе о результатах обследования.

Статистическая обработка результатов испытаний

4.23 Фактическую прочность бетона в партии R_m, МПа, рассчитывают по формуле

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n},$$

где

R_i – единичное значение прочности бетона, МПа;

n – общее число единичных значений прочности бетона в партии.

4.24 Среднеквадратическое отклонение прочности бетона в партии S_m, МПа, рассчитывают по формуле:

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (R_i - R_m)^2}{n-1}}.$$

4.25 При числе единичных значений прочности бетона в партии от двух до шести значение среднеквадратического отклонения S_m допускается рассчитывать по формуле

$$S_m = \frac{W_m}{\alpha}.$$

Здесь W_m – размах значений единичных прочностей в партии.

Коэффициент α принимают по таблице 7.

Таблица 7 – Коэффициент α

Число единичных значений n	2	3	4	5	6
Коэффициент α	1,13	1,69	2,06	2,33	2,5

4.26 При контроле прочности бетона неразрушающими методами, если в качестве единичного значения принимают прочность участка, зоны или отдельной конструкции, среднеквадратическое отклонение S_m прочности бетона в партии рассчитывают по формуле

$$S_m = \left(S_{\text{Н.М.}} + \frac{S_\text{т}}{\sqrt{n-1}}\right)\frac{1}{0{,}7r+0{,}3},$$

где

$S_{\text{Н.М}}$ – среднеквадратическое отклонение прочности бетона в контролируемой партии по результатам ее определения неразрушающими методами, определяемое по формуле:

$$S_{\text{н.м.}} = \sqrt{\frac{(R_{(\text{прямой метод})i} - R_{(\text{прямой метод})m})^2}{n-1}};$$

$S_\text{Т}$ определяют по формуле

$$S_\text{т} = \sqrt{S^2_{\text{Т.Н.М}} + S^2_{\text{Т.Р.М}}},$$

где $S_{\text{Т.Р.М}}$ принимают равным:

- для метода отрыва со скалыванием – 0,04 средней прочности бетона участков, использованных при построении градуировочной зависимости при анкерном устройстве с глубиной заделки 48 мм; 0,05 средней прочности – при глубине 35 мм; 0,06 средней прочности – при глубине 30 мм; 0,07 средней прочности – при глубине 20 мм;1

- для разрушающих методов – 0,02 средней прочности испытанных образцов.

$S_{\text{Т.Н.М}}$ – среднеквадратическое отклонение построенной градуировочной зависимости, принимаемой по формуле:

$$S_{T.H.M.} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(R_{i\phi} - R_{iH})^2}{N-2}}.$$

Значение r определяют при построении градуировочной зависимости по формуле:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(R_{iH} - \bar{R}_{iH})(R_{i\text{ф}} - \bar{R}_{i\text{ф}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(R_{iH} - \bar{R}_{iH})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(R_{i\text{ф}} - \bar{R}_{i\text{ф}})^2}},$$

где $R_{i\text{ф}}$ и R_{iH} – значения прочности бетона участков (или серий образцов), определяемой разрушающими и неразрушающими методами при установлении градуировочной зависимости.

Значение r должно быть не менее 0,7.

4.27 Текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m в партии БСГ или конструкций определяют по формуле

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} \cdot 100.$$

4.28 При контроле по схеме А среднее значение коэффициента вариации прочности бетона $\bar{V}_m$, а при контроле по схеме Б – скользящий коэффициент вариации прочности бетона за анализируемый период V_c рассчитывают по формуле

$$\bar{V}_m(V_c) = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_{m_i(c_i)} \cdot n_i}{\sum_{i=1}^{n} n_i},$$

где

$V_{m_i(c_i)}$ – коэффициенты вариации прочности бетона в каждой i-й партии;

n_i – число единичных значений прочности бетона в каждой i-й партии;

$\sum_{i=1}^{n} n_i$ – общее число единичных значений прочности бетона за анализируемый период.

4.29 Требуемую прочность бетона каждого вида $R_\text{Т}$ для БСГ и сборных конструкций, МПа, рассчитывают по формуле

$$R_\text{Т} = K_\text{Т} \cdot B_{\text{норм}}.$$

При контроле по схемам А и В коэффициент $K_\text{Т}$ принимают по таблице 8 в зависимости от среднего коэффициента вариации прочности бетона за

анализируемый период $\bar{V}_m$ или текущего коэффициента вариации прочности бетона контролируемой партии V_m; при контроле по схеме Б коэффициент K_T рассчитывают по формуле

$$K_T = \frac{1}{1 - t_\alpha \frac{V_c}{100}},$$

где коэффициент t_α принимают по таблице 7 в зависимости от общего числа единичных значений прочности бетона в проконтролированных партиях БСГ или конструкций, по которым рассчитан скользящий коэффициент вариации прочности V_c.

При контроле по схеме Г коэффициент K_T принимают по таблице 10.

Таблица 8 – Коэффициент t_α

Число единичных значений прочности бетона n	Коэффициент t_α
15	1,76
20	1,73
25	1,71
30	1,70
> 30 до 60 включ.	1,68
> 60	1,64

Примечание: t_α – коэффициент Стьюдента для одностороннего интервала с обеспеченностью $P = 0{,}95$, при этом количество степеней свободы соответствует числу единичных значений прочности, уменьшенному на 1.

Таблица 9 – Коэффициент требуемой прочности K_T при контроле прочности по схемам А и В

Средний коэффициент вариации прочности $\bar{V}$, %	Коэффициент требуемой прочности K_T для			
	всех видов бетонов (кроме плотных силикатных и ячеистых) и конструкций (кроме массивных гидротехнических конструкций)	плотного силикатного бетона	Ячеистого бетона	бетона массивных гидротехнических конструкций
6 и менее	1,07	1,06	1,08	1,09
7	1,08	1,07	1,09	1,10
8	1,09	1,08	1,10	1,11
9	1,11	1,09	1,12	1,13
10	1,14	1,12	1,13	1,14
11	1,18	1,14	1,14	1,16
12	1,23	1,18	1,17	1,18
13	1,28	1,22	1,22	1,20
14	1,33	1,27	1,26	1,22
15	1,38	1,33	1,32	1,23
16	1,43	1,39	1,37	1,25
17		1,46	1,43	1,28
18			1,50	1,32
19			1,57	1,36
20	Область недопустимых значений			1,39
Более 20				

Таблица 10 – Коэффициент требуемой прочности $K_т$ при контроле по схеме Г

Вид бетона	Коэффициент $K_т$
Все виды бетонов (кроме плотного силикатного и ячеистого)	1,28
Плотный силикатный	1,33
Ячеистый	1,43

4.30 Фактический класс бетона по прочности монолитных конструкций Вф при контроле по схеме В рассчитывают по формуле:

$$B_ф = \frac{R_m}{K_т}.$$

Значение коэффициента $K_т$ принимают по таблице 9.

4.31 Фактический класс бетона по прочности отдельных вертикальных монолитных конструкций $B_ф$ при контроле по схеме В рассчитывают по формуле

$$B_ф = R_m - t_β \frac{S_т}{\sqrt{n}},$$

где $t_β$ – коэффициент, принимаемый по таблице 11 в зависимости от числа единичных значений n.

Таблица 11 – Коэффициент $t_β$

n	4	5	6	7	8	9	10
$t_β$	3,18	2,78	2,57	2,45	2,36	2,31	2,26

4.32 Фактический класс бетона по прочности монолитных конструкций $B_ф$ при контроле по схеме Г принимают равным 80% средней прочности бетона конструкций, но не более минимального частного значения прочности бетона отдельной конструкции или участка конструкции, входящих в контролируемую партию:

$$B_ф = 0{,}8R_m.$$

ПРИМЕР 1. Контроль прочности бетона сборных конструкций (схема А)

Исходные данные:

Завод ЖБИ начал выпускать сборные плиты и балки. Оба вида конструкций предполагается изготовлять на одной технологической линии из бетона класса В30. Для ускорения твердения бетона отформованные конструкции подвергаются тепловой обработке.

Необходимо определить требуемую отпускную прочность бетона ($\boldsymbol{R_т^{о.п}}$) и требуемую прочность бетона в проектном возрасте ($\boldsymbol{R_т^{п.в}}$) на очередной контролируемый период.

1. Нормируемая прочность $\mathbf{B_{норм}}$ **=B30**

2.Отпускная нормируемая прочность бетона составляет 70 % принятого класса и равна $B_{норм}^{отп} = 0{,}7 \cdot 30 =$ **B21**

3. Проектный возраст бетона составляет 28 сут.

4. Цех работает пять дней в неделю в две смены.

5. Статистический контроль проводится по образцам и организуется следующим образом:

- вся выпускаемая продукция контролируется и принимается по единым статистическим характеристикам, так как за технологический комплекс в данном случае принимается одна технологическая линия;
- в **состав партии** включается бетон конструкций, формуемых на указанном технологическом комплексе в течение **одних суток (двух смен);**
- контролю подлежат отпускная прочность и прочность бетона в проектном возрасте;
- **начальный период** устанавливается продолжительностью **две недели**.

В начальный период требуемая и отпускная прочности бетона определяются по ГОСТ 18105 по схеме Г:

Отпускная прочность $\boldsymbol{R_T^{отп}} = B_{норм}^{отп} \; x \; K_T = 21{,}0 \cdot 1{,}28 =$ **26,9 МПа**;

Прочность в проектном возрасте $\boldsymbol{R_т^{п.в.}} = B_{норм} \text{ x } K_т = \cdot 30 \cdot 1{,}28 =$ **38,4 МПа.**

где $B_{норм}^{отп}$ - отпускная нормируемая прочность бетона В21;

$B_{норм}$ – нормируемая прочность бетона В30;

K_T = 1,28 коэффициент требуемой прочности по таблице 10 (для всех видов бетона, кроме силикатного).

6. В начальный период от каждой партии бетона берутся четыре пробы - две в первую смену и две во вторую (пробы берутся из разных замесов внутри одной партии). Из каждой пробы изготовляется одна серия образцов для контроля отпускной прочности. Общее количество серий образцов для контроля отпускной прочности за смену n = 4. Это необходимо для того, чтобы количество серий образцов, испытанных за весь начальный период, было не менее 30.

Кроме того, один раз в неделю дополнительно изготовляются серии образцов для контроля прочности бетона в проектном возрасте.

7. Испытываются серии образцов для контроля отпускной прочности (перед отпуском изделий, бетон которых составляет партию) и прочности бетона в проектном возрасте (по истечении 28 суток). Результаты испытаний (единичные значения прочности) представлены в табл. 1.1 и 1.2.

Результаты испытаний серий образцов для контроля отпускной прочности

Таблица 1.1

№ партии бетона m	Дата изготовления	Единичное значение прочности бетона, МПа			
		№ смены			
		1		2	
		№ пробы в смену			
		1	2	1	2
1	12.06	27,5	31,3	29,3	26,6
2	13.06	29,1	277	33,8	31,0
3	14.06	31,6	26,0	29,1	30,6
4	15.06	30,8	33,8	30,8	28,4
5	16.06	31,7	29,5	33,0	28,3
6	19.06	32,8	30,8	30,3	28,7
7	20.06	28,6	27,2	26,8	32,6
8	21.06	33,1	28,4	26,5	30,7
9	22.06	26,7	31,0	27,9	30,2
10	23.06	32,3	29,3	28,3	31,9

Результаты испытаний серий образцов для контроля прочности бетона в проектном возрасте

Таблица 1.2

№ партии бетона *m*	Дата		Единичные значения прочности, МПа			
	изготовления	испытания	№ смены			
			1		2	
			№ пробы в смену			
			1	2	1	2
1	13,06	10,07	42,1	-	41	-
2	20,06	17,07	40,3	-	43,4	-

8. По единичным значениям прочности бетона, полученным для контроля отпускной прочности и прочности в проектном возрасте, в каждой партии по формуле (1) ГОСТ 18105 вычисляется прочность бетона в партии $\boldsymbol{R_m}$. Например, для отпускной прочности бетона в первой партии:

$R_1 = \{\sum_{i=1}^{4} R_i\}/4 = (27,5 + 31,3 + 29,3 + 26,6)/4 = 28,6$МПа

$R_2 = \{\sum_{i=1}^{4} R_i\}/4 = (29,1 + 27,7 + 33,8 + 31,0)/4 = 30,4$ МПа

$R_3 = \{\sum_{i=1}^{4} R_i\}/4 = (31,6 + 26,0 + 29,1 + 30,6)/4 = 29,3$ МПа

$R_4 = \{\sum_{i=1}^{4} R_i\}/4 = (30,8 + 33,8 + 30,8 + 28,4)/4 = 30,7$ МПа

$R_5 = \{\sum_{i=1}^{4} R_i\}/4 = (31,7 + 29,5 + 33,0 + 28,3)/4 = 30,6$ МПа

$R_6 = \{\sum_{i=1}^{4} R_i\}/4 = (32,8 + 30,8 + 30,3 + 28,7)/4 = 30,7$ МПа

$R_7 = \{\sum_{i=1}^{4} R_i\}/4 = (28,6 + 27,2 + 26,8 + 32,6)/4 = 28,8$ МПа

$R_8 = \{\sum_{i=1}^{4} R_i\}/4 = (33,1 + 28,4 + 26,5 + 30,7)/4 = 29,7$ МПа

$R_9 = \{\sum_{i=1}^{4} R_i\}/4 = (26,7 + 31,0 + 27,9 + 30,2)/4 = 29,0$ МПа

$R_{10} = \{\sum_{i=1}^{4} R_i\}/4 = (32,3 + 29,3 + 28,3 + 31,9)/4 = 30,4$ МПа

Результаты вычислений представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Определение прочности бетона в партии и среднего коэффициента вариации

№ партии бетона	Дата изготовления	Прочность бетона в партии, МПа		Определение партионного коэффициента вариации		
		отпускная $R^{отп}$	в проектном возрасте $R^{пв}$	W_m, МПа	S_m, МПа	$V_к$, %
1	12.06	28,6	-	4,7	2,28	8,0
2	13.06	30,4	41,6	6,1	2,96	9,7
3	14.06	29,3	-	5,6	2,72	9,3
4	15.06	30,7	-	5,4	2,62	8,5
5	16.06	30,6	-	4,7	2,28	7,5
6	19.06	30,7	-	4,1	1,99	6,5
7	20.06	28,8	41,9	5,8	2,82	9,8
8	21.06	29,7	-	6,6	3,20	10,8
9	22.06	29,0	-	4,3	2,09	7,2
10	23.06	30,4	-	4,0	1,94	6,4

Партия бетона подлежит приемке, если $R_m \geq \underline{R}_т$. Для отпускной прочности $R_т^{отп}$ = 26,9 МПа. Как видно из таблицы 1.3, все партии бетона подлежат приемке. Для прочности бетона в проектном возрасте $R_т^{п.в.}$ = 38,4 МПа. Как видно из таблицы, $R_m > R_т^{п.в.}$, т.е. гарантия достижения прочности бетона в проектном возрасте подтверждена.

9. Начальный период принимается за анализируемый. Определяется среднее значение коэффициента вариации за анализируемый период.

При числе единичных значений прочности бетона в партии от двух до шести значение среднеквадратического отклонения допускается рассчитывать по формуле:

$$S_m = \frac{W_m}{\alpha}.$$

Для этого вначале в каждой партии определяется размах единичных значений прочности бетона W_m, а затем по формуле (3) ГОСТ 18105-2010 – среднее квадратическое отклонение прочности бетона в партии. При этом, поскольку число единичных значений прочности бетона в партии n = 4, то по таблице 1 ГОСТ 18105-2010 коэффициент d = 2,06. Коэффициент вариации прочности бетона в партии V_m определяется по формуле (7) ГОСТ 18105 Например, в первой партии:

W_1 = 31,3 – 26,6 = 4,7 МПа; (табл. 1.1, строка 1)

$S_1 = W_m/\alpha$ = 4,7/2,06 = 2,28 МПа; (α по табл. 7)

$V_1 = S_1/R_1 \cdot 100$ = 2,28/28,6·100 = 8%.

Результаты вычислений по определению V_m представлены в таблице 1.3.

Среднее значение коэффициента вариации прочности бетона за анализируемый период определяется по формуле (8) ГОСТ 18105-2010:

$$V_{\text{п}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Vm}{\sum_{i=1}^{n} n} = (8 + 9{,}7 + 9{,}3 + 8{,}5 + 7{,}5 + 6{,}5 + 9{,}8 + 70{,}8 + 7{,}2 + 6{,}4)/10 = 8{,}4$$

(V_m, по таблице 1,3)

10. По таблице 9 коэффициент требуемой прочности $K_{\text{т}}$ при $V_{\text{п}}$ = 8,4% с учетом интерполяции составляет K_m = 1,1.

Требуемая отпускная прочность бетона на очередной контролируемый период определяется по формуле (9) ГОСТ 18105-2010:

$$R_{\text{т}}^{\text{о.п}} = K_{\text{т}} B_{\text{норм}} = 1{,}1 \cdot 21{,}0 = \mathbf{23{,}1\ Мпа},$$

где $B_{\text{норм}}^{\text{отп}}$=21,0 (см п. 2 примера 1).

Для определения **требуемой прочности бетона в проектном возрасте** коэффициент вариации прочности бетона в проектном возрасте допускается принимать равным 85% коэффициента вариации отпускной прочности согласно п. 6.2. ГОСТ 18105-2010:

$$\boldsymbol{V_{\text{п}}} = 0{,}85 \cdot 8{,}4 = \mathbf{6{,}7\%}.$$

По табл. 2 ГОСТ 18105-2010 (см. таблицу 9)

$$K_{\text{т}} = 1{,}077,$$

$R_{\text{т}}^{\text{п.в}} = K_{\text{т}} B_{\text{норм}} = 1{,}077 \cdot 30 = \mathbf{32{,}3\ Мпа}$.

11. Приемку бетона в контролируемый период ведут исходя из условий:

Фактическая прочность бетона в партии не ниже требуемой прочности

$$R_{\text{m}} \geq R_{\text{T}}.$$

Минимальное единичное значение прочности не менее величины ($R_{\text{T}} - 4$) и не менее нормируемого класса бетона

$$B_{\text{норм}} < R_{\text{i}}^{\text{min}} \geq R_{\text{T}} - 4$$

Минимальное единичное значение **отпускной прочности**:

$$\mathbf{21{,}0} < \boldsymbol{R_{\text{i}}^{\text{min}}} \geq 23{,}1 - 4 = \mathbf{19{,}4}.$$

Минимальное единичное значение **проектной прочности**:

$$\mathbf{30{,}0} < \boldsymbol{R_{\text{i}}^{\text{min}}} \geq 32{,}3 - 4 = \mathbf{28{,}3}.$$

12. Очередной контролируемый период устанавливается продолжительностью 1 месяц. В этот период используются определенные в п. 10 значения $\boldsymbol{R}_{\text{т}}^{\text{о.п}}$, $\boldsymbol{R}_{\text{т}}^{\text{п.в}}$. Процесс контроля аналогичен описанному выше. Затем этот период принимается за анализируемый и т.д.

ПРИМЕР 2. Контроль прочности бетонной смеси готовой (БСГ), выпускаемой на бетонном заводе (схема Б)

1. Бетонный завод выпускает бетонную смесь, готовую к употреблению (БСГ), **класса В25**.

Завод работает 7 дней в неделю.

Пробы бетонной смеси отбирают **2 раза в сутки**.

Примем в качестве партии недельный объем выпуска бетона класса В25.

2. В таблице 2.1 приведены результаты контроля **прочности** бетона класса В25 за 1 месяц.

Таблица 2.1

1-я партия		2-я партия		3-я партия		4-я партия	
Дата	R_i, МПа	Дата	R_i, МПа	Дата	R_i, МПа	Дата	R_i, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8
1,08	29,5	8,08	31,5	15,08	34,6	22,08	30,1
	30,0		33,7		33,7		28,3
2,08	34,6	9,08	30,2	16,08	30,9	23,08	33,8
	32,1		33,3		29,4		35,5
3,08	31,8	10,08	29,6	17,08	30,8	24,08	29,4
	34,8		32,4		29,6		31,2
4,08	30,4	11,08	30,9	18,08	35,1	25,08	34,6
	29,2		31,5		34,0		33,9
5,08	31,0	12,08	34,4	19,08	34,5	26,08	30,0
	33,9		32,1		32,8		31,1
6,08	32,4	13,08	29,8	20,08	28,5	27,08	28,2
	30,1		31,2		29,1		29,5
7,08	32,1	14,08	30,4	21,08	34,7	28,08	33,4
	31,9		31,8		30,3		35,1
n	14	-	14	-	14	-	7
R_m, МПа	31,8	-	31,6	-	32,0	-	31,7
S_m, МПа	1,8	-	1,41	-	2,42	-	2,58
V_m, %	5,7	-	4,4	-	7,6	-	8,1
V_c, %	-		5,1		5,9		6,5

3. Среднюю прочность бетона в партии R_m рассчитываем по формуле:

$$R_{\text{m}} = \frac{\sum \text{Ri}}{n}.$$

Так как число результатов в партии 14, что больше шести, то для подсчета среднеквадратичного отклонения применяется формула (2) ГОСТ 18105-2010:

$$S_м = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (R_i - R_м)^2 / (n-1)}.$$

Для первой партии (1-я неделя) среднеквадратическое отклонение составит:

$$S_{m1} = \sqrt{[(29,5 - 31,8)2 + (30,0 - 31,8)2 + (34,6 - 31,8)2 + (32,1 - 31,8)2 +}$$
$$+ (31.8 - 31,8)2 + (34,8 - 31,8)2 + (30.4 - 31.8)2 + (29,2 - 31,8)2 + (31.0 -$$
$$- 31,8)2 + (33,9 - 31,8) + (32.4 - 31,8)2 + (30,1 - 31,8)2 + (32.1 - 31,8)2 +$$
$$+ (31,9 - 31,8)2]/(14 - 1) =$$
$$= \sqrt{(5,29 + 3,24 + 7,84 + 0,09 + 0 + 9 + 1,96 + 6,76 + 0,64 + 4,41 + 0,36} + 2,89 +$$
$$+ 0,09 + 0,01)/13 = \sqrt{3,27/13} \quad = \mathbf{1,8}.$$

4. Коэффициент вариации прочности бетона в отдельных партиях (V_m) рассчитывают по формуле (7) ГОСТ 18105-2010.

Коэффициент вариации прочности бетона 1-й партии БСГ составит:

$$V_{m1} = S_{m1}/R_{m1} \cdot 100 = 1,8/31,8 \cdot 100 = 5,7\%,$$

где R_{m1} = 31,8 МПа – средняя прочность бетона 1-й партии (таблица 2.1, столбец 2)

Результаты расчета статистических характеристик для четырех партий даны в нижней части таблицы 2.1.

5. Принимаем 1-ю неделю за анализируемый период.

По результатам контроля 1-й партии требуемую прочность вычисляем как при контроле по схеме А:

$$R_т = K_т B_{норм},$$

где $B_{норм}$ = В25 (см. п.1, пример 2).

Коэффициент требуемой прочности принимаем по таблице 9 (как при контроле по схеме А).

При количестве единичных значений прочности n=14, $К_Т$ =1,33

$R_{т1} = 1,33 \cdot 25 = 33,3$ МПа.

Приемку бетона в контролируемый период (2-я неделя) ведут исходя из условия:

Фактическая прочность бетона в партии не ниже требуемой прочности

$R_m \geq R_Т$

Минимальное единичное значение прочности не менее величины ($R_Т$ – 4) и не менее нормируемого класса бетона

$B_{норм} < R_i^{min} \geq R_Т$ -4

Минимальное единичное значение прочности:

25,0 МПа $< R_i^{min} \geq 33{,}4 - 4 =$ **29,4 МПа.**

Для 2-й партии условие выполняется, т.е. вся 2-я партия может быть принята.

6. Коэффициент вариации прочности бетона 2-й партии БСГ рассчитывают аналогично 1-й партии:

$$V_{m2} = S_{m2}/R_{m2} \times 100 = 1{,}41/31{,}6 \times 100 = 4{,}4\%,$$

где

$R_{m2} = 31{,}6$ МПа – средняя прочность бетона;

$S_{m2} = 1{,}41$ – среднее квадратическое отклонение 2-й партии (таблица 2.1, столбец 4).

Скользящий коэффициент вариации прочности бетона за анализируемый период (1-я и 2-я недели) рассчитывают по формуле (8) ГОСТ 18105-2010. Поскольку в рассматриваемом примере в каждом партии было одинаковое количество результатов, то формула (8) может быть заменена на более простую:

$$V_n = \sum_{i=1}^{N} V_{m,i} / N.$$

В данном примере $N = 2$, соответственно:

$$V_c = (V_{m1} + V_{m2})/2 = (5{,}7 + 4{,}4)/2 = 5{,}1\%.$$

Требуемую прочность бетона вычисляем по формуле (9) ГОСТ 18105:

$$R_т = K_т B_{норм}.$$

Коэффициент требуемой прочности при контроле по схеме Б вычисляется по формуле (10) ГОСТ 18105:

$$\boldsymbol{K_Т} = \frac{1}{1 - t_\alpha \frac{Vc}{1000}} = \frac{1}{1 - 1{,}7\frac{5{,}1}{1000}} = \mathbf{1{,}1}.$$

$$\boldsymbol{R_{т2}} = 1{,}1 \cdot 25 = \mathbf{27{,}5\ МПа},$$

где $\boldsymbol{t_a = 1{,}7}$ по таблице 8 при числе единичных значений прочности $n = 28$,

$B_{норм} =$ В25 (см. пример 2, п.1).

Приемку бетона в контролируемый период (3-я неделя) ведут исходя из условия: фактическая прочность бетона в партии не ниже требуемой прочности,

$$R_m \geq R_Т.$$

Минимальное единичное значение прочности не менее величины ($R_T - 4$) и не менее нормируемого класса бетона

$$B_{норм} < R_i^{min} \geq R_{T2} - 4.$$

Минимальное единичное значение прочности

$$\mathbf{25,0}\ МПа < \boldsymbol{R_i^{min}} \geq 27,5 - 4 = \mathbf{23,4}\ МПа.$$

Для 3-й партии условие выполняется, т.е. вся 3-я партия БСГ может быть принята.

7. Коэффициент вариации прочности бетона 3-й партии БСГ рассчитывают аналогично 1-й и 2-й партиям:

$$V_{m3}=S_{m3}/R_{m3}*100= 2,42/32,0\times100 = 7,6\%,$$

где

R_{m3}=32,0 МПа – средняя прочность бетона;

S_{m3} =2,42 – среднее квадратическое отклонение 3-й партии (таблица 2.1, столбец 6).

Скользящий коэффициент вариации прочности бетона за анализируемый период (1-я, 2-я и 3-я недели) рассчитывают по формуле (8) ГОСТ 18105-2010. Поскольку в рассматриваемом примере в каждом партии было одинаковое количество результатов, то формула (8) может быть заменена на более простую:

$$V_{\text{в}} = \sum_{i=1}^{N} V_{m,i} / N.$$

В данном примере $N = 3$, соответственно:

$$V_{\text{с}} = (V_{m1} + V_{m2} + V_{m3})/3 = (5,7 + 4,4 + 7,6)/3 = 5,9\%.$$

Требуемую прочность вычисляем по формуле (9) ГОСТ 18105-2010:

$$R_{\text{т}} = K_{\text{т}} B_{\text{норм}}.$$

Коэффициент требуемой прочности при контроле по схеме Б вычисляется по формуле (10) ГОСТ 18105:

$$\boldsymbol{K}_{\text{т}} = \frac{1}{1-t_{\alpha}\frac{Vc}{1000}} = \frac{1}{1-1,68\frac{5,9}{1000}} = 1,11,$$

где $\boldsymbol{t_{\alpha}} = \mathbf{1,68}$ по таблице 8 при числе единичных значений прочности $n = 42$,

$$\boldsymbol{R_{\text{т3}}} = 1,11 \cdot 25 = \mathbf{27,8\ МПа}.$$

Приемку бетона в контролируемый период (4-я неделя) ведут исходя из условия: фактическая прочность бетона в партии не ниже требуемой прочности,

$$R_{\text{m}} \geq R_{\text{T}}.$$

Минимальное единичное значение прочности не менее величины ($R_{\text{T}} - 4$) и не менее нормируемого класса бетона

$$B_{\text{норм}} < R_i^{min} \geq R_{\text{T3}} - 4.$$

Минимальное единичное значение прочности

$$25{,}0 < R_i^{min} \geq 27{,}8 - 4 = 23{,}8.$$

Для 4-й партии условие выполняется, т.е. вся 4-я партия БСГ может быть принята.

8. Коэффициент вариации прочности бетона 4-й партии БСГ рассчитывают аналогично 1-й , 2-й и 3-й партиям:

$$V_{m4} = S_{m4}/R_{\text{m4}} \times 100 = 2{,}58/31{,}7 \times 100 = 8{,}1\%,$$

где

R_{m4}=31,7 МПа – средняя прочность бетона,

S_{m4} =2,58 – среднее квадратическое отклонение 4-й партии (таблица 2.1, столбец 8).

Скользящий коэффициент вариации прочности бетона за анализируемый период (1-я, 2-я, 3-я и 4-я недели) рассчитывают по формуле (8) ГОСТ 18105-2010. Поскольку в рассматриваемом примере в каждом партии было одинаковое количество результатов, то формула (8) может быть заменена на более простую:

$$V_{\text{я}} = \sum_{i=1}^{N} V_{\text{м},i} / N.$$

В данном примере $N = 4$, соответственно:

$$V_c = (V_{m1} + V_{m2} + V_{m3} + V_{m4})/4 = (5{,}7 + 4{,}4 + 7{,}6 + 8{,}1)/4 = 6{,}5\%.$$

Требуемую прочность вычисляем по формуле (9):

$$R_{\text{т}} = K_{\text{т}} B_{\text{норм}}.$$

Коэффициент требуемой прочности при контроле по схеме Б вычисляется по формуле (10) ГОСТ 18105:

$$\boldsymbol{K}_{\mathrm{T}} = \frac{1}{1-\mathrm{t}_{\alpha}\frac{\mathrm{Vc}}{1000}} = \frac{1}{1-1{,}68\frac{6{,}5}{1000}} = 1{,}12,$$

где $\boldsymbol{t_{\alpha}} = \mathbf{1{,}68}$ по таблице 8 при числе единичных значений прочности $n = 56$,

$$\boldsymbol{R}_{\mathrm{т4}} = 1{,}12 \cdot 25 = \mathbf{28\ МПа}.$$

Приемку бетона в контролируемый период (5-я неделя) ведут, исходя из условия: фактическая прочность бетона в партии не ниже требуемой прочности

$$R_{\mathrm{m}} \geq R_{\mathrm{T}}.$$

Минимальное единичное значение прочности не менее величины ($\mathrm{R_T} - 4$) и не менее нормируемого класса бетона

$$B_{\mathrm{норм}} < R_i^{min} \geq R_{\mathrm{T4}} - 4.$$

Минимальное единичное значение прочности

$$\mathbf{25{,}0}\ \mathrm{МПа} < \boldsymbol{R}_i^{min} \geq 28 - 4 = \mathbf{24{,}0}\ \mathrm{МПа} \quad \textbf{и т.д.}$$

9. По мере увеличения количества проконтролированных партий можно постепенно отбрасывать (не учитывать в расчете скользящего коэффициента вариации) часть партий, проконтролированных ранее.

ПРИМЕР 3. Контроль и оценка прочности бетона монолитных железобетонных конструкций при строительстве

Исходные данные:

Необходимо выполнить контроль и оценку прочности бетона по схеме В ГОСТ 18105, монолитных железобетонных конструкций: фундаментной плиты с отметкой низа –3,300 в осях А-Д/1-6, колонн и стен в осях А-Д/1-6 на отметке –2.900. Проектный класс бетона конструкций по прочности $B_{норм}$ – В25. Прочность бетона в промежуточном возрасте $B_{норм}$, указанная в ППР, для возможности нагружения конструкций до достижения ими проектной прочности, должна составлять не менее 18 МПа.

Бетонирование фундаментной плиты в осях А-Л/1-15 выполняют в четыре захватки:

– захватка № 1 в осях А-Д/1-6;

– захватка № 2 в осях А-Д/6-15;

– захватка № 3 в осях Д-Л/1-6;

– захватка № 4 в осях Д-Л/6-15.

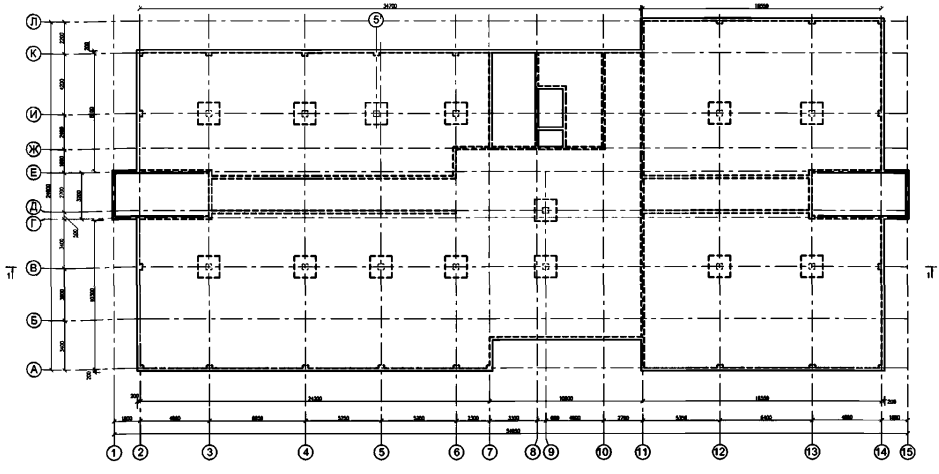


Рисунок 3.1 – План этажа на отметке –2.900

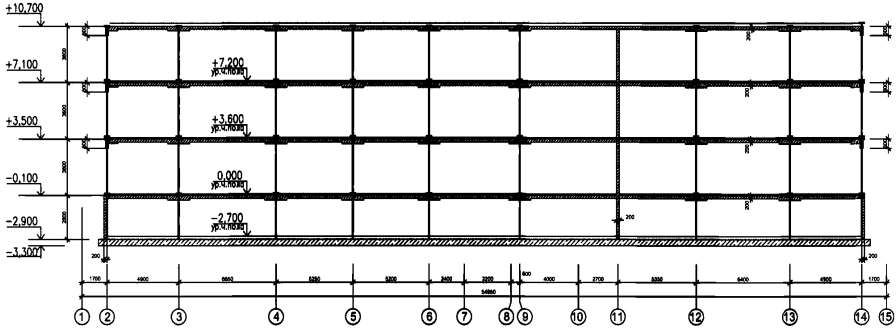


Рисунок 3.2 – Разрез 1-1

В соответствии с п. 4.2 ГОСТ 18105 для монолитных железобетонных конструкций при строительстве контролю подлежат все виды нормируемой прочности:

- прочность в проектном возрасте;

- прочность в промежуточном возрасте.

Доля промежуточной прочности от проектной и возраст указаны в проекте, ППР и ином техническом документе по которому изготавливают конструкцию.

Контроль и оценку прочности бетона по каждому виду нормируемой прочности проводим по схеме В, с определением характеристик однородности бетона по прочности по результатам неразрушающего контроля прочности бетона одной текущей контролируемой партии конструкций, с числом единичных измерений прочности бетона по п. 5.7 - 5.8 ГОСТ 18105

В соответствии с п. 5.1 ГОСТ 18105 в состав партии включают монолитные конструкции, изготовленные из бетонной смеси одного номинального состава и отформованные по одной технологии за период не менее суток и не более одной недели.

Таким образом, весь объем обследуемых конструкций разделяют на две партии:

партия 1 – часть фундаментной плиты в осях А-Д/2-6 с отметкой низа –3.300 (конструкция горизонтального формования), Площадь $S_{пер} = 24{,}2 \times 11{,}1 = 269{,}0$ м^2;

партия 2 – колонны и стены в осях А-Д/2-6 на отметке –2,900 (конструкции вертикального формования), высота колонн $h_к$ = 2,6 м, количество – 10 шт., площадь стен $S_{стен}$ = 24,2×2+11,1)×2,6 = 154,7м^2.

Для установления градуировочной зависимости между скоростью ультразвука и прочностью бетона выполняют параллельные испытания одних и тех же участков конструкций ультразвуковым методом и методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.

Пример 3.1. Контроль и оценка прочности бетона части монолитной железобетонной фундаментной плиты в осях А-Д/2-6 с отметкой низа –3.300, площадью S = 269,0 м^2 (партия 1) в промежуточном возрасте

Число участков, использованных для построения градуировочной зависимости принимаем в соответствии с приложением Е ГОСТ 17624 и п.5.7, 5.8 ГОСТ 18105:

- при контроле прочности бетона в промежуточном возрасте контролируют не менее одной конструкции одного вида (колонна, стена, плита перекрытия);

- общее число участков измерений для расчета характеристик однородности прочности бетона в партии конструкции должно быть не менее 20;

- число контролируемых участков должно быть не менее 3 на каждую захватку;

Соответственно, для монолитной железобетонной плиты площадью 269 м^2 число участков измерений составит N = 20. Принимаем число участков испытаний прочности бетона для монолитной железобетонной плиты площадью 269 м^2, N = 20.

Участки измерений прочности бетона распределяются по площади конструкции равномерно.

Количество измерений прочности бетона ультразвуковым методом поверхностного прозвучивания на каждом участке выполняем в соответствии с п. 7.8 ГОСТ 17624:

- на каждом участке конструкции проводят не менее двух измерений при поверхностном прозвучивании.

Принимаем количество измерений прочности бетона на каждом участке ультразвуковым методом поверхностного прозвучивания, равным 2. При этом, в соответствии с п. 6.7 ГОСТ 17624, учитываются лишь те результаты отдельных измерений косвенного параметра (скорости или времени распространения ультразвука), отклонение результата которых от среднего арифметического значения результатов измерений для данного участка не превышает 2%.

Количество измерений прочности бетона методом отрыва со скалыванием принимаем в соответствии с п. 6.5 ГОСТ 17624. не менее чем на 12 участках, включая участки, в которых значения косвенного показателя максимальное, минимальное и имеет промежуточные значения. С учетом отбраковки результатов испытаний, принимаем количество участков измерений прочности бетона методом отрыва со скалыванием равным 13.

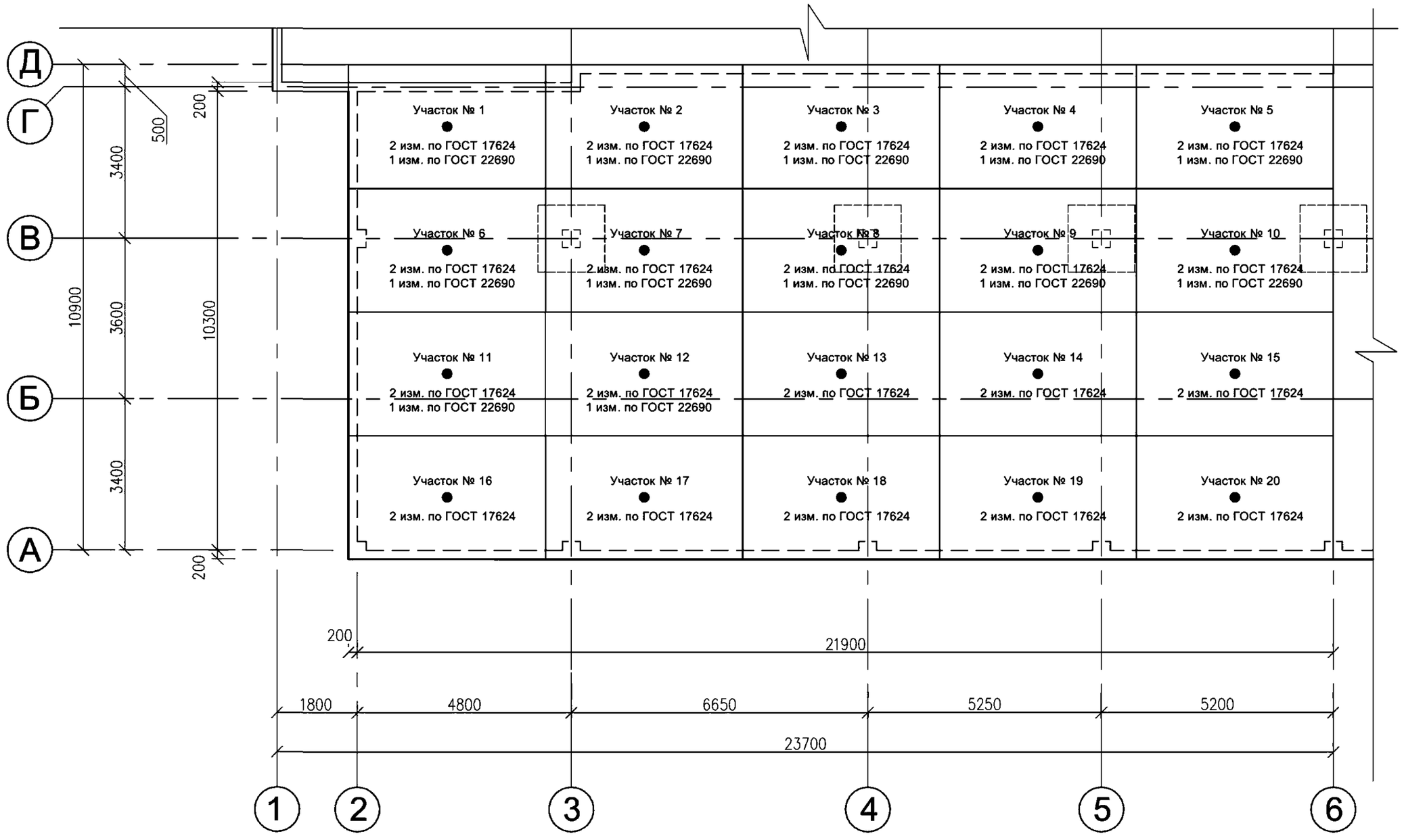


Рисунок 3.3 – Схема расположения участков измерений прочности бетона фундаментной плиты в осях А-Д/1-6, Захватка №1111а

Уравнение градуировочной зависимости

Результаты испытаний приведены в графах 2, 3 таблицы 3.1.

Таблица 3.1

Номер участка	Скорость ультразвука на участке испытания, м/с (среднее арифметическое 4 измерений на участке), H_i	Прочность бетона, МПа по результатам испытаний по ГОСТ 22690 (отрыв со скалыванием), $R_{iф}$	Прочность бетона, МПа по градуировочной зависимости до отбраковки, $R_{iн}$	$\lvert R_{iн} - R_{iф}\rvert / S$	Прочность бетона, МПа, по градуировочной зависимости после отбраковки, $R_{iн}$	$\lvert R_{iн} - R_{iф}\rvert / S$
1	2243	16,8	18,02	0,59	17,70	0,61
2	2580	20,9	21,22	0,15	21,83	0,63
3	2530	21,4	20,74	0,30	21,21	0,10
4	2204	15,9	17,65	0,84	17,22	0,89
5	2732	22,8	22,66	0,06	23,69	0,61
6	2689	25,8	22,25	1,72	23,16	1,80
7	2419	19,7	19,69	0,01	19,85	0,10
8	2815	22,6	23,44	0,41	24,71	1,43
9	2610	22,1	21,50	0,31	22,20	0,04
10	2453	21,4	20,01	0,67	20,27	0,76
11	2483	22,8	20,30	1,20	20,64	1,46
12	2171	17,1	17,34	0,11	16,81	0,19
13	2790	18,7	23,20	2,17	отбраковано	
14	2499				20,84	
15	2301				18,40	
16	2370				19,25	
17	2611				22,21	
18	2195				17,11	
19	2776				24,23	
20	2570				21,70	

Среднее значение прочности бетона по результатам испытаний методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690 $R_ф$ определяют по формуле Б.4 приложения Б ГОСТ 17624:

$$\overline{R_ф} = \frac{\sum_{i=1}^{N} R_{iф}}{N}, \qquad \text{(Б.4)}$$

$$\overline{R_ф} = \frac{16{,}8 + 20{,}9 + \cdots + 17{,}1 + 18{,}7}{13} = 20{,}62 \text{ МПа.}$$

Среднее значение скорости ультразвука определяют по формуле Б.5

приложения Б ГОСТ 17624:

$$\overline{H} = \frac{\sum_{i=1}^{N} H_i}{N}. \quad (Б.5)$$

Косвенным показателем Н при ультразвуковом методе определения прочности бетона является скорость $\overline{V}$:

$$\overline{V} = \frac{2243 + 2580 + \cdots + 2171 + 2790}{13} = 2517 \frac{м}{с}.$$

Уравнение градуировочной зависимости (косвенный показатель – прочность) принимают линейным по формуле:

$$R = aH + b.$$

Коэффициент *a* определяют по формуле Б.3 приложения Б ГОСТ 17624:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[\left(R_{i\Phi} - \overline{R}_{\Phi}\right)\left(H_i - \overline{H}\right)\right]}{\sum_{i=1}^{N}\left(H_i - \overline{H}\right)^2}.$$

$$a = \frac{(16{,}8-20{,}62)\times(2243-2517)+(20{,}9-20{,}62)\times(2580-2517)+\cdots}{(2243-2517)^2+(2580-2517)^2+\cdots} \frac{\ldots+(17{,}1-20{,}62)\times(2171-2517)+(18{,}7-20{,}62)\times(2790-2517)}{\ldots+(2171-2517)^2+(2790-2517)^2} = 0{,}0095.$$

Коэффициент b определяют по формуле Б.2 приложения Б ГОСТ 17624:

$$b = \overline{R}_{\Phi} - a\overline{H}, \quad (Б.2)$$

$$b = 20{,}62 - 0{,}0095\times2517 = -3{,}24.$$

Установленную градуировочную зависимость описывают уравнением:

$R = 0{,}0095\ V - 3{,}24$, где V – скорость ультразвука. График градуировочной зависимости до отбраковки представлен на рисунке 3.4.

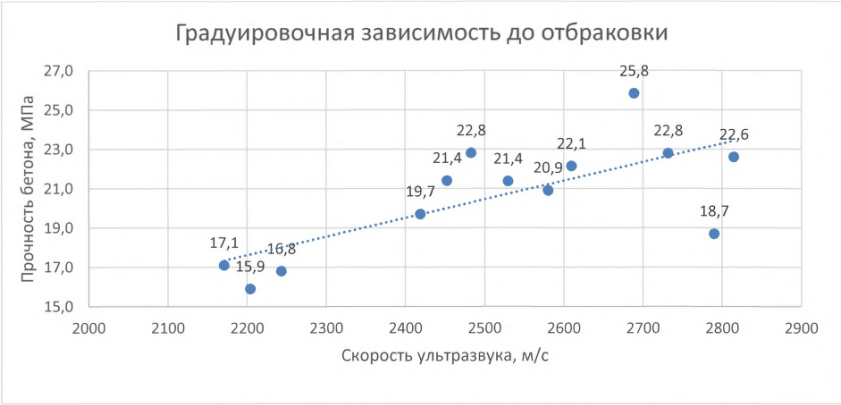


Рисунок 3.4 – График градуировочной зависимости до отбраковки

Отбраковка результатов испытаний

Остаточные среднеквадратические отклонения построенной градуировочной зависимости определяют по формуле Б.7 приложения Б ГОСТ 17624:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(R_{iф} - R_{iн})^2}{N-2}}, \qquad (Б.7)$$

$$S = \sqrt{\frac{(16{,}8-18{,}02)^2+(20{,}9-21{,}22)^2+\cdots+(17{,}1-17{,}34)^2+(18{,}7-23{,}20)^2}{13-2}} = 2{,}08 \text{ МПа}.$$

Проводят корректировку построенной градуировочной зависимости путем отбраковки единичных результатов испытаний, не удовлетворяющих условию (Б.6) приложения Б ГОСТ 17624:

$$\frac{|R_{iн} - R_{iф}|}{S} \le 2 \qquad (Б.6)$$

Сравнивая для различных участков значения фактической прочности $R_{iф}$ с прочностью $R_{iН}$, определенной по градуировочной зависимости (см. рисунок 3.4, таблицу 3.1), устанавливают, что условие (Б.6) приложения Б не выполняется для результатов на участке 13, который подлежит отбраковке.

По оставшимся 12 результатам рассчитывают новые средние значения

прочности $\overline{R_ф}$ и скорости ультразвука $\overline{V}$, коэффициенты a, b и среднеквадратические отклонения для градуировочной зависимости:

$$\overline{R_ф} = \frac{16{,}8 + 20{,}9 + \cdots + 22{,}8 + 17{,}1}{12} = 20{,}78 \text{ МПа};$$

$$\overline{V} = \frac{2243 + 2580 + \cdots + 2483 + 2171}{12} = 2494 \text{ м/с};$$

$$a = \frac{(16{,}8-20{,}78)\times(2243-2494)+(20{,}9-20{,}78)\times(2580-2494)+\cdots}{(2243-2494)^2+(2580-2494)^2+\cdots} \frac{\ldots+(22{,}8-20{,}78)\times(2483-2494)+(17{,}1-20{,}78)\times(2171-2494)}{\ldots+(2483-2494)^2+(2171-2494)^2} = 0{,}0123;$$

$$b = 20{,}78 - 0{,}0123\times2494 = -9{,}8.$$

Таким образом, откорректированную градуировочную зависимость описывают уравнением:

$$R = 0{,}0123V - 9{,}8, \text{ где } V - \text{скорость ультразвука.}$$

$$S = \sqrt{\frac{(16{,}8-17{,}7)^2+(20{,}9-21{,}83)^2+\cdots+(22{,}8-20{,}64)^2+(17{,}1-16{,}81)^2}{12-2}} = 1{,}48 \text{ МПа}.$$

Для скорректированной градуировочной зависимости вида $R = 0{,}0123\ V - 9{,}8$, условие (Б.6) приложения Б ГОСТ 17624 выполняется на всех участках. Дальнейшую отбраковку проводить не требуется. График градуировочной зависимости после корректировки приведен на рисунке 3.5.

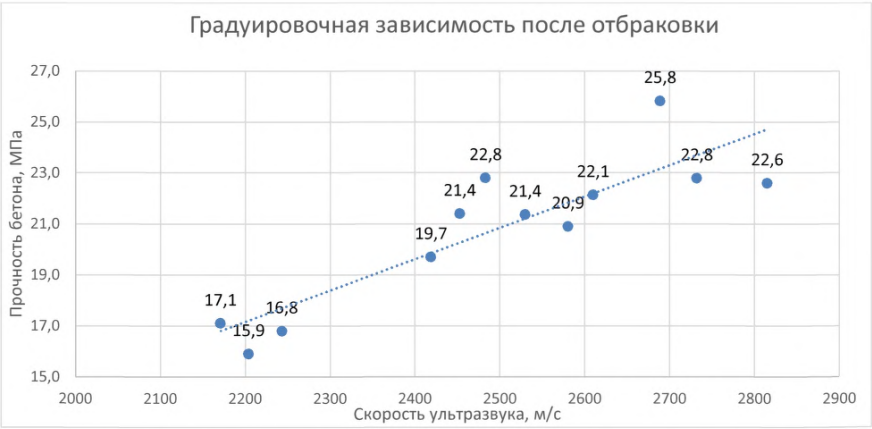


Рисунок 3.5 – График градуировочной зависимости после отбраковки

Параметры градуировочной зависимости

Среднеквадратическое отклонение построенной градуировочной зависимости $S_{\text{Т.М.Н}}$ определяют по формуле (Б.7):

$$S_{\text{ТМН}} = S = 1{,}48,\ S_{\text{ТМН}}/\overline{R_{\text{ф}}} = 1{,}48/20{,}78 = 0{,}07 < 0{,}15.$$

Коэффициент корреляции градуировочной зависимости определяют по формуле (Б.9) приложения Б ГОСТ 17624:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[\left(R_{i\text{н}} - \overline{R}_{\text{н}}\right)\left(H_{i\text{ф}} - \overline{R}_{\text{ф}}\right)\right]}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(R_{i\text{н}} - \overline{R}_{\text{н}}\right)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(R_{i\text{ф}} - \overline{R}_{\text{ф}}\right)^2}}, \qquad \text{(Б.9)}$$

где $\overline{R_{\text{н}}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} Rin}{N}$,

$$\overline{R_{\text{н}}} = \frac{17{,}7 + 21{,}83 + \cdots + 20{,}64 + 16{,}81}{12} = 20{,}78 \text{ МПа};$$

$$r = \frac{(17{,}7-20{,}78)\times(16{,}8-20{,}78)+\cdots+(16{,}81-20{,}78)\times(17{,}1-20{,}78)}{\sqrt{(17{,}7-20{,}78)^2+\cdots+(16{,}81-20{,}78)^2}\times\sqrt{(16{,}8-20{,}78)^2+\cdots+(17{,}1-20{,}78)^2}} = 0{,}87 > 0{,}7.$$

Полученная градуировочная зависимость может быть использована для определения прочности бетона в конструкции, в соответствии с требованием ГОСТ 18105 в диапазоне прочностей 16,8 – 24,7 МПа.

Текущий коэффициент вариации прочности бетона монолитной железобетонной фундаментной плиты определяют по формуле:

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} 100,$$

где S_m(МПа) – среднеквадратическое отклонение прочности бетона в партии, рассчитывают по формуле:

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(R_i - R_m)^2}{n-1}}.$$

Фактическую прочность бетона в партии R_m, МПа рассчитывают по формуле:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_{iH}}{n},$$

$$R_m = \frac{17{,}7+21{,}83+\cdots+20{,}64+16{,}81}{19} = 20{,}69 \text{ МПа},$$

$$S_m = \sqrt{\frac{(17{,}7-20{,}69)^2+(21{,}83-20{,}69)^2\ldots+(24{,}23-20{,}69)^2+(21{,}7-20{,}69)^2}{19-1}} = 2{,}39,$$

$$V_m = \frac{2{,}39}{20{,}69} \times 100\% = 11{,}54.$$

В соответствии с таблицей 9, коэффициент требуемой прочности *К*т при контроле прочности по схеме В для коэффициента вариации прочности V_m = 12%, равен *К*т = 1,23.

Фактический класс бетона по прочности монолитной железобетонной фундаментной плиты определяют по формуле (11) ГОСТ 18105:

$$\text{В}_\text{ф} = \frac{Rm}{K\text{т}} = \frac{20{,}69}{1{,}23} = 16{,}82 \text{ МПа}.$$

Сравнивают значение фактического класса бетона по прочности $B_\text{ф}$ фундаментной плиты в промежуточном периоде с классом бетона по прочности $\text{В}_\text{норм}$ в промежуточном периоде:

$$B_\text{ф} = 16{,}82 \text{ МПа} \leq B_\text{норм} = 18{,}0 \text{ МПа}.$$

Вывод: по результатам проведенных испытаний, средняя прочность монолитной железобетонной фундаментной плиты в осях А-Д / 1-6 с отметкой низа -0.300 в промежуточном возрасте составляет 16,82 МПа,что меньше нормируемой прочности бетона в промежуточном возрасте $B_\text{норм}$, равной 18МПа, указанной в ППР, для возможности нагружения конструкций до достижения ими проектной прочности. Возможность нагружения данной партии конструкций до достижения ими проектной прочности, должна быть согласована с проектной организацией объекта строительства.

Пример 3.2. Контроль и оценка прочности бетона части монолитной железобетонной фундаментной плиты в осях а-д/2-6 с отметкой низа –3.300, площадью *S* = 269,0 м^2 (партия 1) в проектном возрасте

Число участков, использованных для построения градуировочной зависимости принимаем в соответствии с приложением Е ГОСТ 17624 и п.5.7 ГОСТ 18105:

- при контроле прочности бетона монолитных конструкций в проектном возрасте неразрушающими методами проводят сплошной неразрушающий контроль

прочности бетона всех конструкций контролируемой партии;

- общее число участков измерений для расчета характеристик однородности прочности бетона в партии конструкции должно быть не менее 20;

- число контролируемых участков должно быть не менее 3 на каждую захватку;

Соответственно, для монолитной железобетонной плиты площадью 269 $м^2$ число участков измерений составит $N = 20$. Принимаем число участков испытаний прочности бетона для монолитной железобетонной плиты площадью 269$м^2$, $N = 20$. Участки измерений прочности бетона распределяются по площади конструкции равномерно.

Количество измерений прочности бетона ультразвуковым методом поверхностного прозвучивания на каждом участке выполняем в соответствии с п. 7.8 ГОСТ 17624:

- на каждом участке конструкции проводят не менее двух измерений при поверхностном прозвучивании;

Принимаем количество измерений прочности бетона на каждом участке ультразвуковым методом поверхностного прозвучивания равным 2. При этом, в соответствии с п. 6.7, учитываются лишь те результаты отдельных измерений косвенного параметра (скорости или времени распространения ультразвука), отклонение результата которых от среднего арифметического значения результатов измерений для данного участка не превышает 2%.

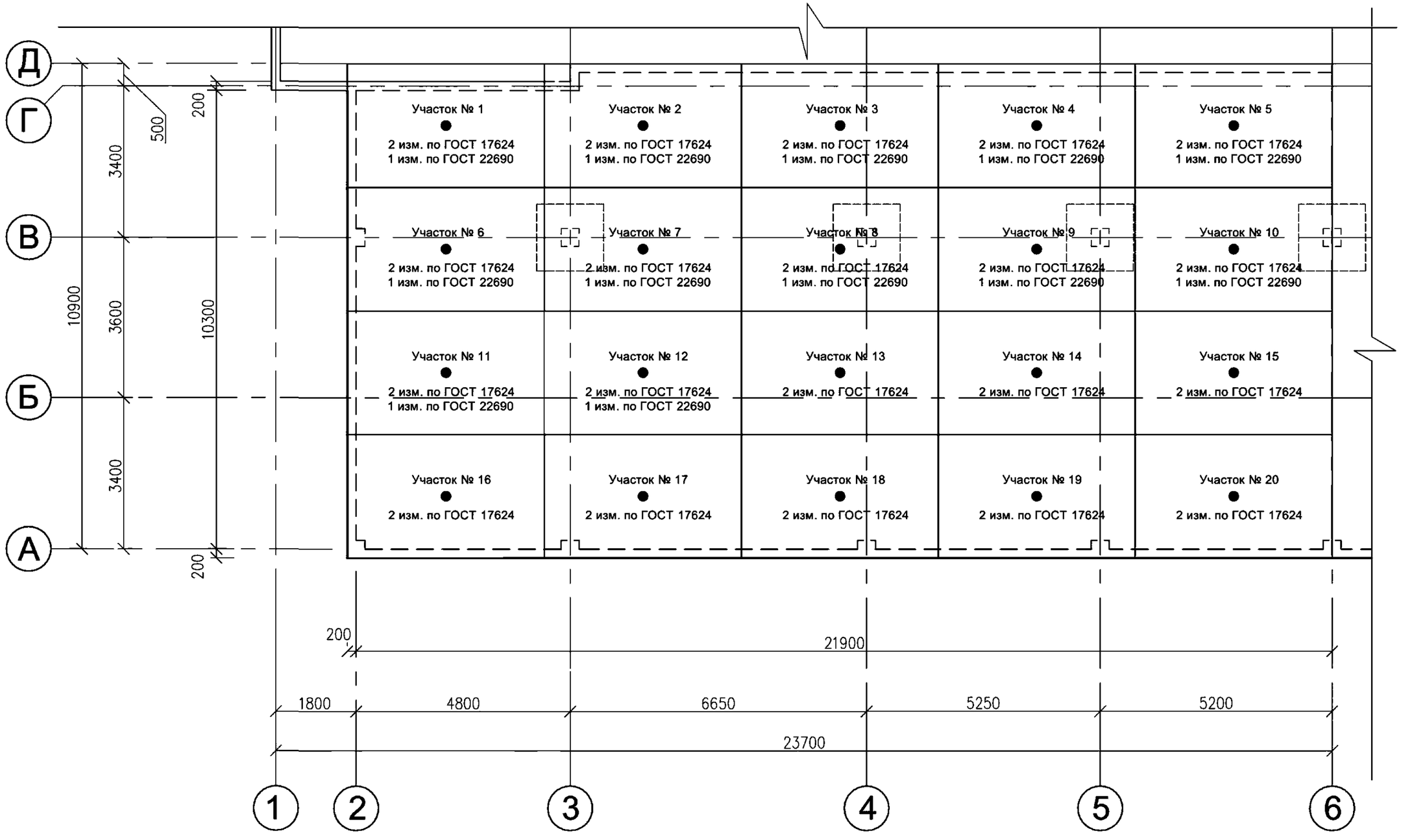


Рисунок 3.6 – Схема расположения участков измерений прочности бетона фундаментной плиты в осях А-Д/1-6, Захватка №11111

Уравнение градуировочной зависимости

Результаты испытаний приведены в графах 2, 3 таблицы 3.2.

Таблица 3.2

Номер участка	Скорость ультразвука на участке испытания, м/с (среднее арифметическое 4 измерений на участке), H_i	Прочность бетона, МПа по результатам испытаний по ГОСТ 22690 (отрыв со скалыванием), $R_{iф}$	Прочность бетона, МПа по градуировочной зависимости до отбраковки, $R_{iн}$	$\lvert R_{iн} - R_{iф}\rvert / S$	Прочность бетона, МПа по градуировочной зависимости после отбраковки, $R_{iн}$	$\lvert R_h - R_ф\rvert / S$
1	2754	24,0	25,75	0,62	25,13	0,59
2	3256	30,3	30,92	0,20	31,85	0,76
3	3253	30,5	30,89	0,13	31,81	0,66
4	2745	25,2	25,65	0,17	25,01	0,08
5	3415	32,6	32,57	0,00	33,99	0,72
6	3346	36,9	31,85	1,76	33,06	1,94
7	3084	29,3	29,15	0,06	29,55	0,11
8	3519	33,7	33,64	0,01	35,38	0,87
9	3242	31,6	30,78	0,29	31,67	0,02
10	3104	30,3	29,36	0,31	29,82	0,22
11	3104	33,5	29,36	1,44	29,82	1,85
12	2676	23,4	24,94	0,55	24,08	0,36
13	3526	27,4	33,71	2,20	отбраковано	
14	3124				30,09	
15	2876				26,77	
16	2962				27,92	
17	3304				32,50	
18	2759				25,20	
19	3470				34,72	
20	3206				31,19	

Среднее значение прочности бетона по результатам испытаний методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690 $R_ф$ определяют по формуле Б.4 приложения Б ГОСТ 17624:

$$\overline{R_ф} = \frac{\sum_{i=1}^{N} R_{iф}}{N};$$

$$\overline{R_ф} = \frac{24{,}0 + 30{,}3 + \cdots + 23{,}4 + 27{,}4}{13} = 29{,}9 \text{ МПа}.$$

Среднее значение скорости ультразвука определяют по формуле Б.5 приложения Б ГОСТ 17624:

$$\overline{H} = \frac{\sum_{i=1}^{N} H_i}{N}.$$

Косвенным показателем Н при ультразвуковом методе определения прочности бетона является скорость $\overline{V}$:

$$\overline{V} = \frac{2754 + 3256 + \cdots + 2676 + 3526}{13} = 3156 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Уравнение градуировочной зависимости (косвенный показатель – прочность) принимают линейным по формуле:

$$R = aH + b.$$

Коэффициент *a* определяют по формуле Б.3 приложения Б ГОСТ 17624:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[\left(R_{i\text{ф}} - \overline{R}_{\text{ф}}\right)\left(H_i - \overline{H}\right)\right]}{\sum_{i=1}^{N}\left(H_i - \overline{H}\right)^2},$$

$$a = \frac{(24{,}0-29{,}9)\times(2754-3156)+(30{,}3-29{,}9)\times(3256-3156)+\cdots \ldots+(23{,}4-29{,}9)\times(2676-3156)+(27{,}4-29{,}9)\times(3526-3156)}{(2754-3156)^2+(3256-3156)^2+\cdots \ldots+(2676-3156)^2+(3526-3156)^2} = 0{,}0103.$$

Коэффициент b определяют по формуле Б.2 приложения Б ГОСТ 17624:

$$b = \overline{R}_{\text{ф}} - a\overline{H}, \qquad \text{(Б.2)}$$

$$b = 29{,}9 - 0{,}0103 \times 3156 = -2{,}66.$$

Установленную градуировочную зависимость описывают уравнением:

$R = 0{,}0103V - 2{,}66$, где V – скорость ультразвука.

График градуировочной зависимости до отбраковки представлен на рисунке 3.7.

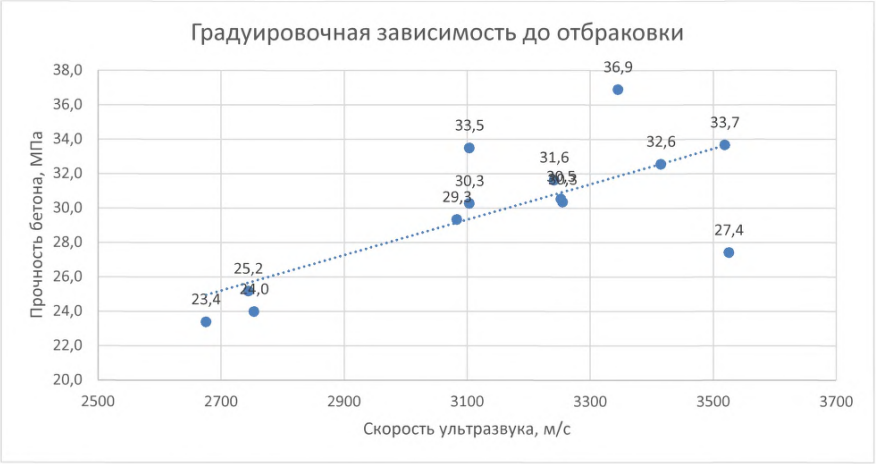


Рисунок 3.7 – График градуировочной зависимости до отбраковки

Отбраковка результатов испытаний

Остаточные среднеквадратические отклонения построенной градуировочной зависимости определяют по формуле Б.7 приложения Б ГОСТ 17624:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(R_{iф} - R_{iн})^2}{N-2}}, \quad \text{(Б.7)}$$

$$S = \sqrt{\frac{(24{,}0 - 25{,}75)^2 + (30{,}3 - 30{,}92)^2 + \cdots + (23{,}4 - 24{,}94)^2 + (27{,}4 - 33{,}71)^2}{13-2}} = 2{,}86 \text{ МПа}.$$

Проводят корректировку построенной градуировочной зависимости путем отбраковки единичных результатов испытаний, не удовлетворяющих условию (Б.6) приложения Б ГОСТ 17624:

$$\frac{|R_{iн} - R_{iф}|}{S} \le 2 \quad \text{(Б.6)}$$

Сравнивая для различных участков значения фактической прочности $R_{iф}$ с прочностью $R_{iН}$, определенной по градуировочной зависимости (см. рисунок 3.7, таблицу 3.1), устанавливают, что условие (Б.6) приложения Б не выполняется для результатов на участке 13, который подлежит отбраковке.

По оставшимся 12 результатам рассчитывают новые средние значения прочности $\overline{R_ф}$ и скорости ультразвука $\overline{V}$, коэффициенты a, b и среднеквадратические отклонения для градуировочной зависимости:

$$\overline{R_ф} = \frac{24{,}0 + 30{,}3 + \cdots + 33{,}5 + 23{,}4}{12} = 30{,}1 \text{ МПа};$$

$$\overline{V} = \frac{2754 + 3256 + \cdots + 3104 + 2676}{12} = 3125 \text{ м/с};$$

$$a = \frac{(24{,}0-30{,}1)\times(2754-3125)+(30{,}3-30{,}1)\times(3256-3125)+\cdots}{(2754-3125)^2+(3256-3125)^2+\cdots} \frac{\ldots+(33{,}5-30{,}1)\times(3104-3125)+(23{,}4-30{,}1)\times(2676-3125)}{\ldots+(3104-3125)^2+(2676-3125)^2} = 0{,}0134;$$

$$b = 30{,}1 - 0{,}0134\times3125 = -11{,}75.$$

Таким образом, откорректированную градуировочную зависимость описывают уравнением:

$$R = 0{,}0134V - 11{,}75, \text{ где } V - \text{скорость ультразвука},$$

$$S = \sqrt{\frac{(24{,}0-25{,}13)^2+(30{,}3-31{,}85)^2+\cdots+(33{,}5-29{,}82)^2+(23{,}4-29{,}82)^2}{12-2}} = 1{,}98 \text{ МПа}.$$

Для скорректированной градуировочной зависимости вида R = 0,0134V – 11,75 условие (Б.6) приложения Б ГОСТ 17624 выполняется на всех участках. Дальнейшую отбраковку проводить не требуется. График градуировочной зависимости после корректировки приведен на рисунке 3.8.

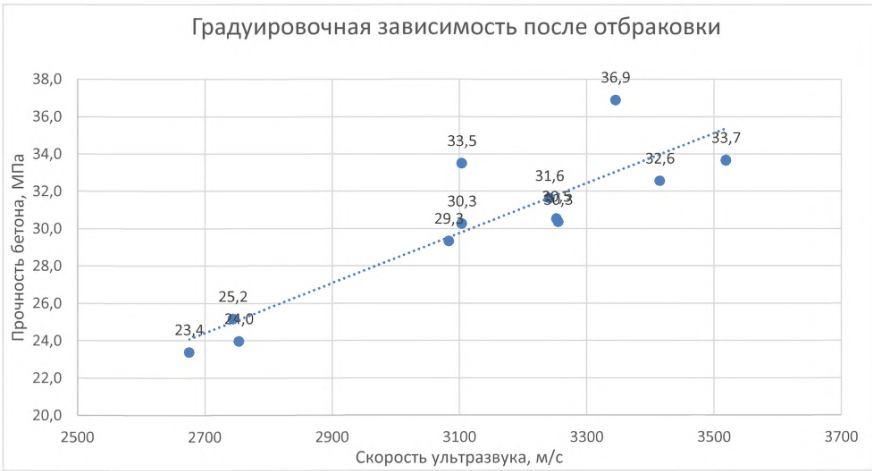


Рисунок 3.8 – График градуировочной зависимости после отбраковки

Параметры градуировочной зависимости

Среднеквадратическое отклонение построенной градуировочной зависимости $S_{Т.М.Н}$ определяют по формуле (Б.7):

$S_{Т.М.Н} = S = 1{,}98$, $S_{Т.М.Н} / \overline{R_ф} = 1{,}98 / 30{,}1 = 0{,}07 < 0{,}15$

Коэффициент корреляции градуировочной зависимости определяют по формуле (Б.9) приложения Б ГОСТ 17624:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N}[(R_{iн} - \overline{R_н})(H_{iф} - \overline{R_ф})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(R_{iн} - \overline{R_н})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{N}(R_{iф} - \overline{R_ф})^2}},$$

где $\overline{R_н} = \frac{\sum_{i=1}^{N} Rin}{N}$,

$$\overline{R_н} = \frac{25{,}13 + 31{,}85 + \cdots + 29{,}82 + 24{,}08}{12} = 30{,}1 \text{ МПа};$$

$$r = \frac{(25{,}13 - 30{,}1) \times (24{,}0 - 30{,}1) + (31{,}85 - 30{,}1) \times (30{,}3 - 30{,}1) + \cdots}{\sqrt{(25{,}13 - 30{,}1)^2 + (31{,}85 - 30{,}1)^2 + \cdots + (29{,}82 - 30{,}1)^2 + (24{,}08 - 30{,}1)^2} \times}$$

$$\times \frac{\ldots + (29{,}82 - 30{,}1) \times (33{,}5 - 30{,}3) + (24{,}08 - 30{,}1) \times (23{,}4 - 30{,}1)}{\sqrt{(24{,}0 - 30{,}1)^2 + (30{,}3 - 30{,}1)^2 + \cdots + (33{,}5 - 30{,}3)^2 + (23{,}4 - 30{,}1)^2}} = 0{,}88 > 0{,}7$$

Полученная градуировочная зависимость может быть использована для определения прочности бетона в конструкции, в соответствии с требованием ГОСТ 18105 в диапазоне прочностей 16,8 – 24,7 МПа.

Текущий коэффициент вариации прочности бетона монолитной железобетонной фундаментной плиты определяют по формуле

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} 100,$$

где S_m(МПа) – среднеквадратическое отклонение прочности бетона в партии, рассчитывают по формуле:

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(R_i - R_m)^2}{n-1}}.$$

Фактическую прочность бетона в партии R_m, МПа рассчитывают по формуле:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_{iH}}{n};$$

$$R_m = \frac{25{,}13+31{,}85+\cdots+34{,}72+31{,}19}{19} = 29{,}98 \text{ МПа};$$

$$S_m = \sqrt{\frac{(25{,}13-29{,}98)^2+(31{,}85-29{,}98)^2 \ldots+(34{,}72-29{,}98)^2+(31{,}19-29{,}98)^2}{19-1}} = 3{,}46 \text{ МПа};$$

$$V_m = \frac{3{,}46}{29{,}98} \times 100\% = 11{,}54.$$

В соответствии с таблицей 9, коэффициент требуемой прочности Kт, при контроле прочности по схеме В для коэффициента вариации прочности V_m= 12%, равен Kт = 1,23.

Фактический класс бетона по прочности монолитной железобетонной фундаментной плиты определяют по формуле (11) ГОСТ 18105:

$$\text{В}_\text{ф} = \frac{Rm}{K\text{т}} = \frac{29{,}98}{1{,}23} = 24{,}37 \text{ МПа}.$$

Сравнивают значение фактического класса бетона по прочности $B_\text{ф}$ фундаментной плиты с проектным классом бетона по прочности $\text{В}_\text{норм}$:

$$B_\text{ф} = 24{,}37\text{Мпа} \leq B_\text{норм} = 25{,}0 \text{ МПа}.$$

Вывод: по результатам проведенных испытаний, средняя прочность монолитной железобетонной фундаментной плиты в осях А-Д/1-6 с отметкой низа –0.300 в проектном возрасте составляет 24,37 МПа, что меньше нормируемой прочности бетона в проектном возрасте $\text{В}_\text{норм}$, равной 25МПа. Следовательно, партия монолитных конструкций не подлежит приемке по прочности бетона. Возможность использования (или необходимость усиления) данной партии конструкций должна быть согласована с проектной организацией объекта строительства.

Пример 3.3. Контроль и оценка прочности бетона монолитных железобетонных стен и колонн в осях а-г/2-6 на отметке –2.900 (партия 2) в промежуточном возрасте

Число участков, использованных для построения градуировочной зависимости принимаем в соответствии с приложением Е ГОСТ 17624 и п.5.7, ГОСТ 18105:

- при контроле прочности бетона в промежуточном возрасте контролируют не менее одной конструкции одного вида (колонна, стена, плита перекрытия);

- общее число участков измерений для расчета характеристик однородности

прочности бетона в партии конструкции должно быть не менее 20;

- число контролируемых участков должно быть не менее 6 на каждую линейную вертикальную конструкцию (колонну);

- число контролируемых участков для плоских конструкций (стен) должно быть не менее 3 на каждую захватку;

Соответственно, в партии испытанию подлежит одна колонна с числом участков измерений прочности бетона N=6, и стены с количеством участков измерений прочности бетона N=14. Таким образом, общее число участков измерений равно 20.

Количество измерений прочности бетона ультразвуковым методом поверхностного прозвучивания на каждом участке выполняем в соответствии с п. 7.8 ГОСТ 17624:

- на каждом участке конструкции проводят не менее двух измерений при поверхностном прозвучивании;

Принимаем количество измерений прочности бетона на каждом участке ультразвуковым методом поверхностного прозвучивания равным 2. При этом, в соответствии с п. 6.7, учитываются лишь те результаты отдельных измерений косвенного параметра (скорости или времени распространения ультразвука), отклонение результата которых от среднего арифметического значения результатов измерений для данного участка не превышает 2%.

Количество измерений прочности бетона методом отрыва со скалыванием принимаем в соответствии с п. 6.5 ГОСТ 17624 не менее чем на 12 участках, включая участки, в которых значения косвенного показателя максимальное, минимальное и имеет промежуточные значения. С учетом отбраковки результатов испытаний, принимаем количество участков измерений прочности бетона методом отрыва со скалыванием равным 13.

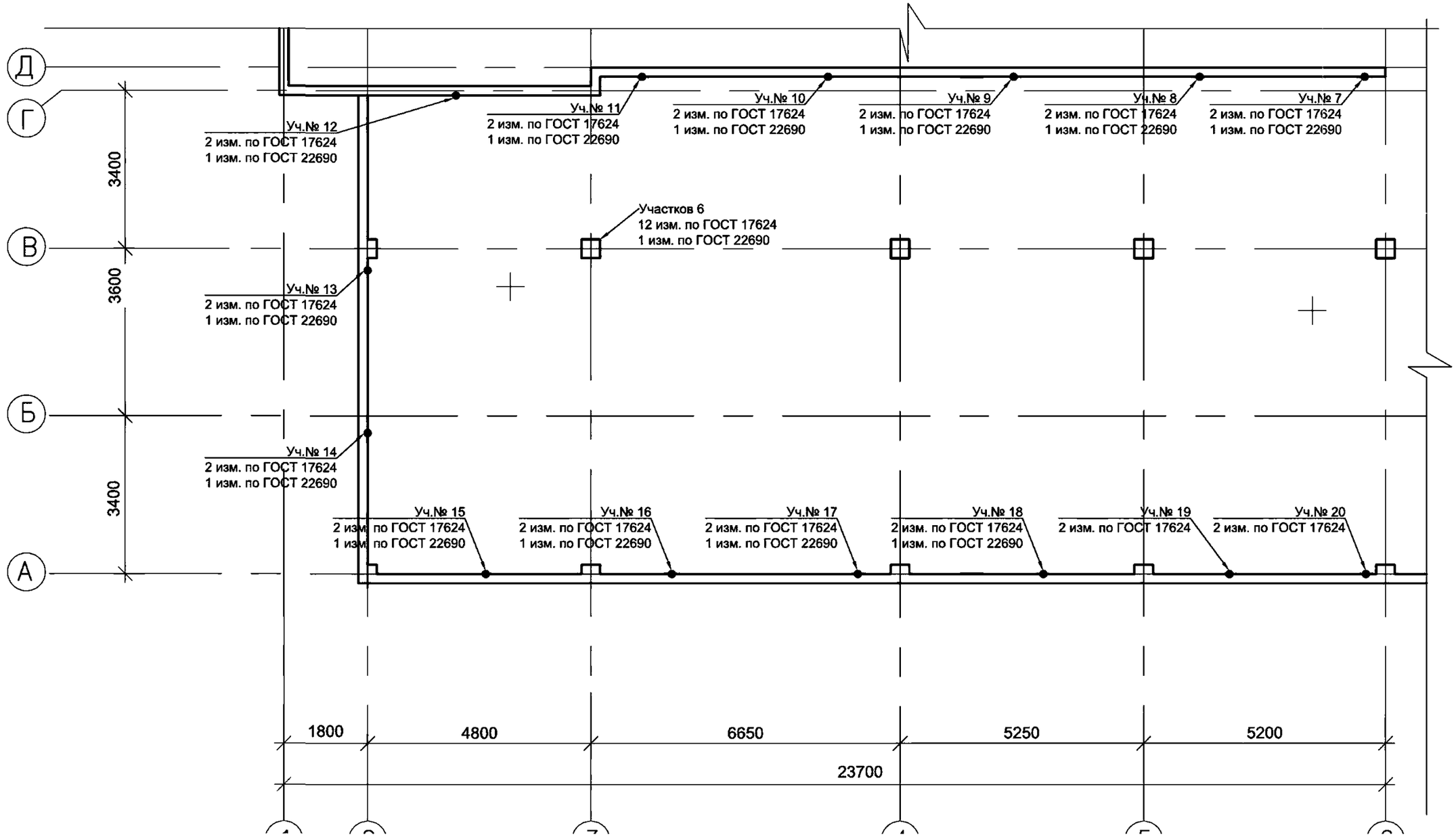


Рисунок 3.9 – Схема расположения колонн и монолитных стен в осях А-Д/1-6 (Захватка № 1)

Уравнение градуировочной зависимости

Результаты испытаний приведены в графах 2, 3 таблицы 3.3.

Таблица 3.3

Номер участка	Скорость ультразвука на участке испытания, м/с (среднее арифметическое 4 измерений на участке), H_i	Прочность бетона, МПа по результатам испытаний по ГОСТ 22690 (отрыв со скалыванием), $R_{i\phi}$	Прочность бетона, МПа по градуировочной зависимости до отбраковки, R_{in}	$\lvert Rin - R_{i\phi}\rvert/S$	Прочность бетона, МПа по градуировочной зависимости после отбраковки, Rin	$\lvert R_h - R_\phi\rvert/S$
1	2203	16,4	17,97	0,68	17,46	0,76
2	2604	22,2	21,62	0,25	22,38	0,13
3	2602	21,4	21,60	0,10	22,36	0,72
4	2196	17,6	17,90	0,12	17,37	0,17
5	2732	22,8	22,78	0,00	23,95	0,83
6	2676	25,8	22,27	1,53	23,27	1,83
7	2467	20,5	20,37	0,07	20,70	0,12
8	2815	23,6	23,54	0,01	24,97	1,01
9	2594	22,1	21,52	0,26	22,25	0,08
10	2483	21,2	20,52	0,29	20,90	0,20
11	2476	23,4	20,45	1,29	20,81	1,89
12	2141	16,1	17,40	0,56	16,70	0,43
13	2821	18,4	23,59	2,23	отбраковано	
14	2499				21,09	
15	2301				18,66	
16	2370				19,51	
17	2643				22,86	
18	2207				17,51	
19	2776				24,49	
20	2565				21,90	

Среднее значение прочности бетона по результатам испытаний методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690 R_ϕ определяют по формуле Б.4 приложения Б ГОСТ 17624:

$$\overline{R_\phi} = \frac{\sum_{i=1}^{N} R_{i\phi}}{N}, \qquad (Б.4)$$

$$\overline{R_\phi} = \frac{16,4 + 22,2 + \cdots + 16,1 + 18,4}{13} = 20,89 \text{ МПа}.$$

Среднее значение скорости ультразвука определяют по формуле Б.5

приложения Б ГОСТ 17624:

$$\overline{H} = \frac{\sum_{i=1}^{N} H_i}{N}.$$

Косвенным показателем H при ультразвуковом методе определения прочности бетона является скорость $\overline{V}$:

$$\overline{V} = \frac{2203 + 2604 + \cdots + 2141 + 2821}{13} = 2524 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Уравнение градуировочной зависимости (косвенный показатель – прочность) принимают линейным по формуле:

$$R = aH + b.$$

Коэффициент a определяют по формуле Б.3 приложения Б ГОСТ 17624:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[\left(R_{i\text{ф}} - \overline{R}_{\text{ф}}\right)\left(H_i - \overline{H}\right)\right]}{\sum_{i=1}^{N}\left(H_i - \overline{H}\right)^2},$$

$$a = \frac{(16{,}4 - 20{,}89) \times (2203 - 2524) + (22{,}2 - 20{,}89) \times (2604 - 2524) + \cdots}{(2754 - 3156)^2 + (3256 - 3156)^2 + \cdots}$$

$$\frac{\ldots + (16{,}1 - 20{,}89) \times (2141 - 2524) + (18{,}4 - 20{,}89) \times (2821 - 2516)}{\ldots + (2141 - 2524)^2 + (2821 - 2516)^2} = 0{,}0091.$$

Коэффициент b определяют по формуле Б.2 *приложения Б* ГОСТ 17624:

$$b = \overline{R}_{\text{ф}} - a\overline{H}.$$

$$b = 20{,}89 - 0{,}0091 \times 2524 = -2{,}07.$$

Установленную градуировочную зависимость описывают уравнением:

$R = 0{,}0091V - 2{,}07$, где V – скорость ультразвука.

График градуировочной зависимости до отбраковки представлен на рисунке 3.10.

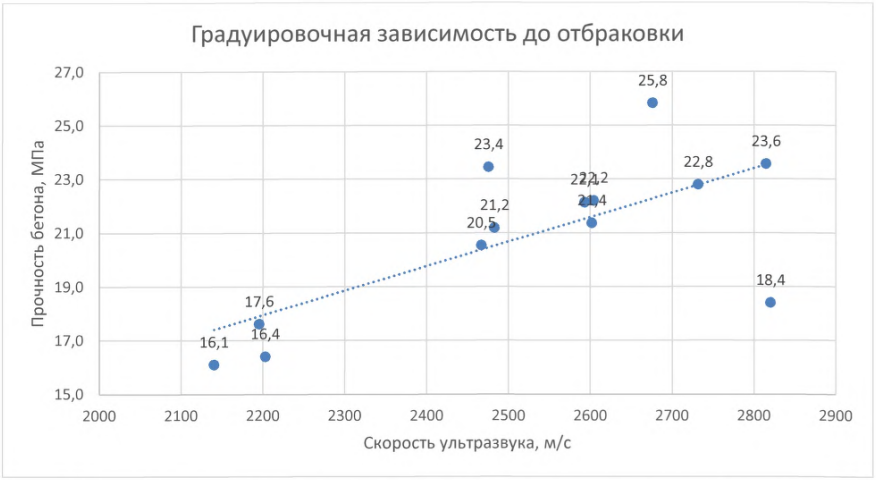


Рисунок 3.10 – График градуировочной зависимости до отбраковки

Отбраковка результатов испытаний

Остаточные среднеквадратические отклонения построенной градуировочной зависимости определяют по формуле Б.7 *приложения Б* ГОСТ 17624:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(R_{iф} - R_{iн})^2}{N-2}},$$

$$S = \sqrt{\frac{(16{,}4-17{,}97)^2+(22{,}2-21{,}62)^2+\cdots+(16{,}1-17{,}4)^2+(18{,}4-23{,}59)^2}{13-2}} = 2{,}32 \text{ МПа}.$$

Проводят корректировку построенной градуировочной зависимости путем отбраковки единичных результатов испытаний, не удовлетворяющих условию (Б.6) приложения Б ГОСТ 17624:

$$\frac{|R_{iн} - R_{iф}|}{S} \le 2.$$

Сравнивая для различных участков значения фактической прочности $R_{iф}$ с прочностью $R_{iн}$, определенной по градуировочной зависимости (см. рисунок 3.10, таблицу 3.3), устанавливают, что условие (Б.6) приложения Б не выполняется для результатов на участке 13, который подлежит отбраковке.

По оставшимся 12 результатам рассчитывают новые средние значения

прочности $\overline{R_ф}$ и скорости ультразвука $\overline{V}$, коэффициенты a, b и среднеквадратические отклонения для градуировочной зависимости:

$$\overline{R_ф} = \frac{16{,}4 + 22{,}2 + \cdots + 23{,}4 + 16{,}1}{12} = 21{,}09 \text{ МПа};$$

$$\overline{V} = \frac{2203 + 2604 + \cdots + 2476 + 2141}{12} = 2499 \text{ м/с};$$

$$a = \frac{(16{,}4 - 21{,}09) \times (2203 - 2499) + (22{,}2 - 21{,}09) \times (2604 - 2499) + \cdots}{(2203 - 2499)^2 + (2604 - 2499)^2 + \cdots}$$

$$\frac{\ldots + (23{,}4 - 21{,}09) \times (2476 - 2499) + (16{,}1 - 21{,}09) \times (2141 - 2499)}{\ldots + (2476 - 2499)^2 + (2676 - 3125)^2} = 0{,}0123;$$

$$b = 21{,}09 - 0{,}0123 \times 2499 = -9{,}55.$$

Таким образом, откорректированную градуировочную зависимость описывают уравнением:

$$R = 0{,}0123V - 9{,}55, \text{ где } V - \text{скорость ультразвука;}$$

$$S = \sqrt{\frac{(16{,}4 - 17{,}46)^2 + (22{,}2 - 22{,}38)^2 + \cdots + (23{,}4 - 20{,}81)^2 + (16{,}1 - 16{,}7)^2}{12 - 2}} = 1{,}40 \text{ МПа}$$

Для скорректированной градуировочной зависимости вида $R = 0{,}0123V - 9{,}55$, условие (Б.6) приложения Б ГОСТ 17624 выполняется на всех участках. Дальнейшую отбраковку проводить не требуется. График градуировочной зависимости после корректировки приведен на рисунке 3.11.

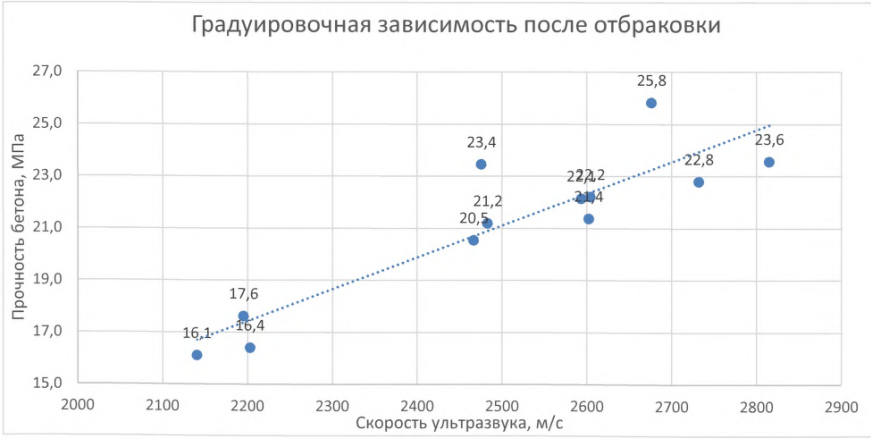


Рисунок 3.11 – График градуировочной зависимости после отбраковки

Параметры градуировочной зависимости

Среднеквадратическое отклонение построенной градуировочной зависимости $S_{Т.М.Н}$ определяют по формуле (Б.7):

$$S_{Т.М.Н} = S = 1{,}40 \text{ МПа}, \; S_{Т.М.Н} / \overline{R_ф} = 1{,}40 / 21{,}09 = 0{,}07 < 0{,}15.$$

Коэффициент корреляции градуировочной зависимости определяют по формуле (Б.9) приложения Б ГОСТ 17624:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[\left(R_{iк} - \overline{R}_к\right)\left(H_{iф} - \overline{R}_ф\right)\right]}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(R_{iк} - \overline{R}_к\right)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(R_{iф} - \overline{R}_ф\right)^2}},$$

где $\overline{R_н} = \frac{\sum_{i=1}^{N} Rin}{N}$,

$$\overline{R_н} = \frac{17{,}46 + 22{,}38 + \cdots + 20{,}81 + 16{,}70}{12} = 21{,}09 \text{ МПа};$$

$$r = \frac{(17{,}46 - 21{,}09) \times (16{,}4 - 21{,}09) + (22{,}38 - 21{,}09) \times (22{,}2 - 21{,}9) + \cdots}{\sqrt{(17{,}46 - 21{,}09)^2 + (22{,}38 - 21{,}09)^2 + \cdots + (20{,}81 - 21{,}09)^2 + (16{,}7 - 21{,}09)^2} \times}$$

$$\frac{\ldots + (20{,}81 - 21{,}09) \times (23{,}4 - 21{,}09) + (16{,}7 - 21{,}09) \times (16{,}1 - 21{,}09)}{\times \sqrt{(16{,}4 - 21{,}09)^2 + (22{,}2 - 21{,}09)^2 + \cdots + (23{,}4 - 21{,}09)^2 + (16{,}1 - 21{,}09)^2}} = 0{,}89 > 0{,}7.$$

Полученная градуировочная зависимость может быть использована для определения прочности бетона в конструкциях, в соответствии с требованием ГОСТ 18105 в диапазоне прочностей 16,7 – 24,97 МПа.

Текущий коэффициент вариации прочности бетона монолитной железобетонной плиты перекрытия определяют по формуле:

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} 100,$$

где S_m(МПа) – среднеквадратическое отклонение прочности бетона в партии, рассчитывают по формуле:

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(R_i - R_m)^2}{n-1}}.$$

Фактическую прочность бетона в партии R_m, МПа рассчитывают по формуле:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_{iH}}{n},$$

$$R_m = \frac{17,46+22,38+\cdots+24,49+21,9}{19} = 21,01 \text{ МПа},$$

$$S_m = \sqrt{\frac{(17,46-21,01)^2+(22,38-21,01)^2\ldots+(24,49-21,01)^2+(21,9-21,01)^2}{19-1}} = 2,53 \text{ МПа};$$

$$V_m = \frac{3,46}{21,01} \times 100\% = 12,06\%.$$

В соответствии с таблицей 9, коэффициент требуемой прочности Kт, при контроле прочности по схеме В для коэффициента вариации прочности V_m= 12%, равен Kт = 1,23.

Фактический класс бетона по прочности монолитных железобетонных стен и колонн определяют по формуле (11) ГОСТ 18105:

$$B_ф = \frac{Rm}{Kт} = \frac{21,01}{1,23} = 17,08\text{Мпа}.$$

Сравнивают значение фактического класса бетона по прочности $B_ф$ монолитных железобетонных стен и колонн в промежуточном периоде с классом бетона по прочности $B_{норм}$ в промежуточном периоде:

$$B_ф = 17,08\text{Мпа} \leq B_{норм} = 18,0 \text{ Мпа}.$$

Вывод: по результатам проведенных испытаний, средняя прочность монолитных железобетонных стен и колонн в осях А-Д / 1-6 на отметке –2.900 в промежуточном возрасте составляет 17,08 Мпа, что меньше нормируемой прочности бетона в промежуточном возрасте $B_{норм}$, равной 18 Мпа, указанной в ППР, для возможности нагружения конструкций до достижения ими проектной прочности. Возможность нагружения данной партии конструкций до достижения ими проектной прочности, должна быть согласована с проектной организацией объекта строительства.

Пример 3.4. Контроль и оценка прочности бетона монолитных железобетонных стен и колонн в осях А-Д/2-6 на отметке –2.900 (партия 2) в проектном возрасте

Число участков, использованных для построения градуировочной зависимости принимаем в соответствии с приложением Е ГОСТ 17624 и п.5.7 ГОСТ 18105:

- при контроле прочности бетона монолитных конструкций в проектном

возрасте неразрушающими методами проводят сплошной неразрушающий контроль прочности бетона всех конструкций контролируемой партии;

- общее число участков измерений для расчета характеристик однородности прочности бетона в партии конструкции должно быть не менее 20;

- число контролируемых участков должно быть не менее 6 на каждую линейную вертикальную конструкцию (колонну);

- число контролируемых участков для плоских конструкций (стен) должно быть не менее 3 на каждую захватку;

Соответственно, в партии испытанию подлежат десять колонн с числом участков измерений прочности бетона $N_к$=60 (по 6 участков в каждой), и стены с количеством участков измерений прочности бетона $N_{стен}$=3 (наименьшее число контролируемых участков для стен на 1 захватку). Общее количество участков испытаний конструкций составит N=63.

Количество измерений прочности бетона ультразвуковым методом поверхностного прозвучивания на каждом участке выполняем в соответствии с п. 7.8 ГОСТ 17624:

- на каждом участке конструкции проводят не менее двух измерений при поверхностном прозвучивании;

Принимаем количество измерений прочности бетона на каждом участке ультразвуковым методом поверхностного прозвучивания равным 2. При этом, в соответствии с п. 6.7, учитываются лишь те результаты отдельных измерений косвенного параметра (скорости или времени распространения ультразвука), отклонение результата которых от среднего арифметического значения результатов измерений для данного участка не превышает 2%.

Количество измерений прочности бетона методом отрыва со скалыванием принимаем в соответствии с п. 6.5 ГОСТ 17624 не менее чем на 12 участках, включая участки, в которых значения косвенного показателя максимальное, минимальное и имеет промежуточные значения. С учетом отбраковки результатов испытаний, принимаем количество участков измерений прочности бетона методом отрыва со скалыванием равным 13.

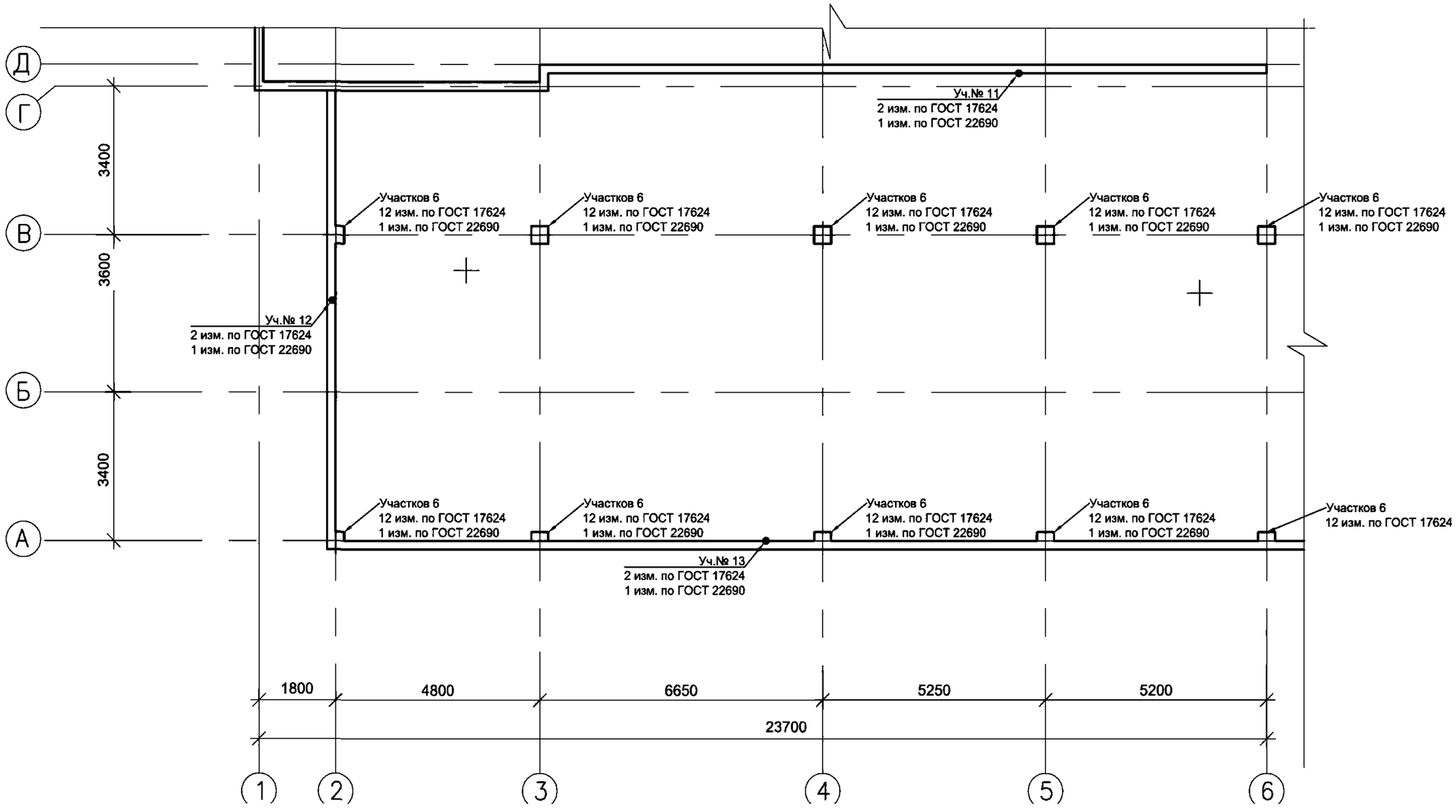


Рисунок 3.12 – Схема расположения колонн и монолитных стен в осях А-Д/1-6 (Захватка № 1)

Уравнение градуировочной зависимости

Результаты испытаний приведены в графах 2, 3 таблицы 3.4.

Таблица 3.4

Номер участка	Скорость ультразвука на участке испытания, м/с (среднее арифметическое 4 измерений на участке), H_i	Прочность бетона, МПа по результатам испытаний по ГОСТ 22690 (отрыв со скалыванием), $R_{iф}$	Прочность бетона, МПа по градуировочной зависимости до отбраковки, $R_{iн}$	$\lvert R_{iн} - R_{iф}\rvert$/S	Прочность бетона, МПа по градуировочной зависимости после отбраковки, $R_{iн}$	$\lvert R_h - R_ф\rvert/S$
1	2	3	4	5	6	7
1	2763	21,4	22,74	0,48	22,13	0,44
2	3256	27,8	27,05	0,24	28,00	0,15
3	3253	26,7	27,03	0,11	27,97	0,75
4	2745	22,0	22,58	0,20	21,92	0,06
5	3415	28,5	28,45	0,01	29,90	0,83
6	3346	32,3	27,84	1,55	29,07	1,89
7	3084	25,7	25,55	0,04	25,95	0,17
8	3519	29,5	29,36	0,03	31,14	0,99
9	3242	27,7	26,93	0,26	27,84	0,10
10	3104	26,5	25,73	0,26	26,20	0,17
11	3095	29,3	25,65	1,28	26,09	1,89
12	2676	20,1	21,98	0,65	21,10	0,57
13	3526	23,0	29,42	2,25	отбраковано	
14	3102				26,17	
15	3054				25,60	
16	3140				26,62	
17	3030				25,31	
18	3470				30,55	
19	3310				28,65	
20	3030				25,31	
21	3114				26,31	
22	3251				27,94	
23	3253				27,97	
24	3030				25,31	
25	3460				30,43	
26	3378				29,46	
27	3210				27,46	
28	3367				29,33	
29	3069				25,78	
30	3074				25,84	
31	3290				28,41	
32	2980				24,72	
33	2869				23,40	
34	3297				28,49	

35	3408				29,81	
36	2930				24,12	
37	2879				23,52	
38	2748				21,96	
39	3167				26,94	
40	3253				27,97	
41	3151				26,75	
42	2994				24,88	
43	3045				25,49	
44	3162				26,89	
45	3501				30,92	
46	3350				29,12	
47	3171				26,99	
48	2951				24,37	
49	2849				23,16	
50	3110				26,27	
51	3271				28,18	
52	3325				28,83	
53	3183				27,14	
54	3104				26,19	
55	3156				26,81	
56	3065				25,73	
57	3010				25,08	
58	2988				24,81	
59	3304				28,58	
60	3502				30,93	
61	3492				30,81	
62	3220				27,58	
63	3102				26,17	

Среднее значение прочности бетона по результатам испытаний методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690 $R_ф$ определяют по формуле Б.4 приложения Б ГОСТ 17624:

$$\overline{R_ф} = \frac{\sum_{i=1}^{N} R_{iф}}{N},$$

$$\overline{R_ф} = \frac{21,4 + 27,8 + \cdots + 20,1 + 23,0}{13} = 26,18 \text{ МПа}.$$

Среднее значение скорости ультразвука определяют по формуле Б.5 приложения Б ГОСТ 17624:

$$\overline{H} = \frac{\sum_{i=1}^{N} H_i}{N}. \quad \text{(Б.5)}$$

Косвенным показателем H при ультразвуковом методе определения прочности бетона является скорость $\overline{V}$

$$\overline{V} = \frac{2754 + 3256 + \cdots + 2676 + 3526}{13} = 3155 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Уравнение градуировочной зависимости (косвенный показатель – прочность) принимают линейным по формуле:

$$R = aH + b.$$

Коэффициент a определяют по формуле Б.3 приложения Б ГОСТ 17624:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[\left(R_{i\text{ф}} - \overline{R}_{\text{ф}}\right)\left(H_i - \overline{H}\right)\right]}{\sum_{i=1}^{N}\left(H_i - \overline{H}\right)^2},$$

$$\text{a} = \frac{(21{,}4 - 26{,}11) \times (2763 - 3155) + (27{,}8 - 26{,}11) \times (3256 - 3155) + \cdots}{(2763 - 3155)^2 + (3256 - 3155)^2 + \cdots}$$

$$\frac{\ldots + (20{,}1 - 26{,}11) \times (2676 - 3155) + (23{,}0 - 26{,}11) \times (3526 - 3155)}{\ldots + (2676 - 3155)^2 + (3526 - 3155)^2} = 0{,}0088.$$

Коэффициент b определяют по формуле Б.2 приложения Б ГОСТ 17624:

$$b = \overline{R}_{\text{ф}} - a\overline{H}, \quad \text{(Б.2)}$$

$$B = 26{,}18 - 0{,}0088 \times 3155 = -1{,}45.$$

Установленную градуировочную зависимость описывают уравнением:

$R = 0{,}0088V - 1{,}45$, где V – скорость ультразвука.

График градуировочной зависимости до отбраковки представлен на рисунке 3.13.

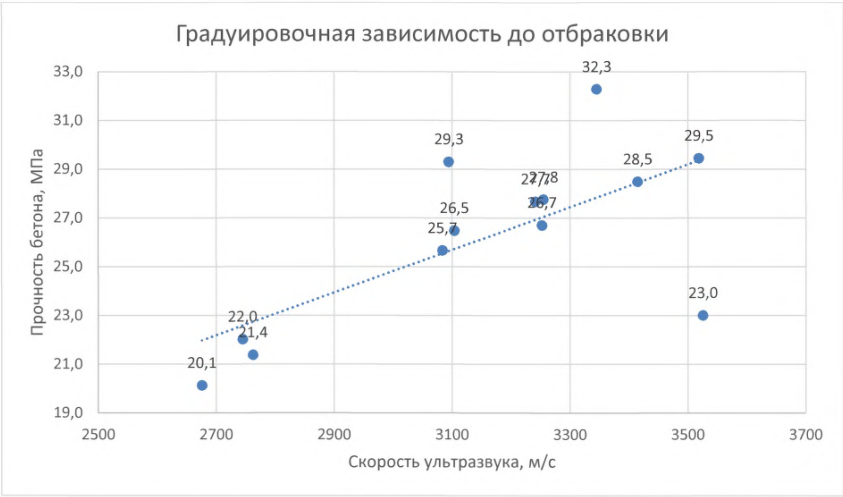


Рисунок 3.13 – График градуировочной зависимости до отбраковки

Отбраковка результатов испытаний

Остаточные среднеквадратические отклонения построенной градуировочной зависимости определяют по формуле Б.7 приложения Б ГОСТ 17624:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(R_{iф} - R_{iн})^2}{N-2}}, \qquad (Б.7)$$

$$S = \sqrt{\frac{(21{,}4-22{,}74)^2+(27{,}8-27{,}05)^2+\cdots+(20{,}1-21{,}98)^2+(23{,}0-29{,}42)^2}{13-2}} = 2{,}86 \text{ МПа}.$$

Проводят корректировку построенной градуировочной зависимости путем отбраковки единичных результатов испытаний, не удовлетворяющих условию (Б.6) приложения Б ГОСТ 17624:

$$\frac{|R_{iн} - R_{iф}|}{S} \le 2 \qquad (Б.6)$$

Сравнивая для различных участков значения фактической прочности $R_{iф}$ с прочностью $R_{iН}$, определенной по градуировочной зависимости (см. рис. 3.13, табл. 3.4), устанавливают, что условие (Б.6) приложения Б не выполняется для результатов на участке 13, который подлежит отбраковке.

По оставшимся 12 результатам рассчитывают новые средние значения прочности $\overline{R_ф}$ и скорости ультразвука $\overline{V}$, коэффициенты a, b и среднеквадратические отклонения для градуировочной зависимости:

$$\overline{R_ф} = \frac{21{,}4 + 27{,}8 + \cdots + 29{,}3 + 20{,}1}{12} = 26{,}44 \text{ МПа};$$

$$\overline{V} = \frac{2763 + 3256 + \cdots + 3095 + 2676}{12} = 3125 \text{ м/с};$$

$$a = \frac{(21{,}4 - 26{,}44) \times (2763 - 3125) + (22{,}2 - 26{,}44) \times (3256 - 3125) + \cdots}{(2763 - 3125)^2 + (3256 - 3125)^2 + \cdots}$$

$$\frac{\ldots+(23{,}4-26{,}44)\times(3095-3125)+(16{,}1-26{,}44)\times(2676-3125)}{\ldots+(3095-3125)^2+(2676-3125)^2} = 0{,}0119,$$

$$B = 26{,}44 - 0{,}0119 \times 3125 = -10{,}77$$

Таким образом, откорректированную градуировочную зависимость описывают уравнением:

$$R = 0{,}0119V - 10{,}77, \text{ где } V - \text{скорость ультразвука},$$

$$S = \sqrt{\frac{(21{,}4-22{,}13)^2+(27{,}8-28{,}0)^2+\cdots+(29{,}3-26{,}09)^2+(20{,}1-21{,}1)^2}{12-2}} = 1{,}70 \text{ МПа}.$$

Для скорректированной градуировочной зависимости вида $R = 0{,}0119V - 10{,}77$, условие (Б.6) приложения Б ГОСТ 17624 выполняется на всех участках. Дальнейшую отбраковку проводить не требуется. График градуировочной зависимости после корректировки приведен на рисунке 3.14.

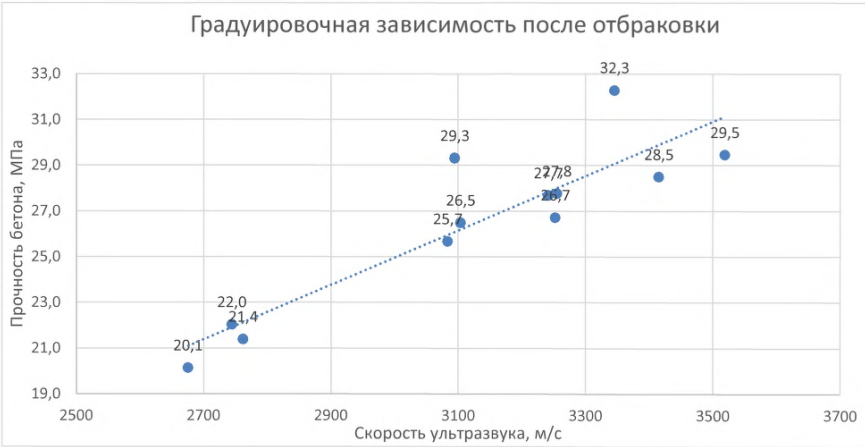


Рисунок 3.14 – График градуировочной зависимости после отбраковки

Параметры градуировочной зависимости

Среднеквадратическое отклонение построенной градуировочной зависимости $S_{Т.М.Н}$ определяют по формуле (Б.7):

$$S_{Т.М.Н} = S = 1{,}70 \text{ МПа}, \; S_{Т.М.Н} / \overline{R_ф} = 1{,}70 / 26{,}44 = 0{,}06 < 0{,}15.$$

Коэффициент корреляции градуировочной зависимости определяют по формуле (Б.9) приложения Б ГОСТ 17624:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N}[(R_{iн} - \overline{R_н})(H_{iф} - \overline{R_ф})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(R_{iн} - \overline{R_н})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{N}(R_{iф} - \overline{R_ф})^2}}, \qquad (Б.9)$$

где $\overline{R_н} = \frac{\sum_{i=1}^{N} Rin}{N}$;

$$\overline{R_н} = \frac{22{,}13 + 28{,}0 + \cdots + 26{,}09 + 21{,}1}{12} = 26{,}44 \text{ МПа};$$

$$r = \frac{(22{,}13 - 26{,}44) \times (21{,}4 - 26{,}44) + (28{,}0 - 26{,}44) \times (27{,}8 - 26{,}44) + \cdots}{\sqrt{(22{,}13 - 26{,}44)^2 + (21{,}4 - 26{,}44)^2 + \cdots + (28{,}0 - 26{,}44)^2 + (27{,}8 - 26{,}44)^2} \times}$$

$$\frac{\ldots + (26{,}09 - 26{,}44) \times (29{,}3 - 26{,}44) + (21{,}1 - 26{,}44) \times (20{,}1 - 26{,}44)}{\times \sqrt{(21{,}4 - 26{,}44)^2 + (27{,}8 - 26{,}44)^2 + \cdots + (29{,}3 - 26{,}44)^2 + (20{,}1 - 26{,}44)^2}} = 0{,}89 > 0{,}7.$$

Полученная градуировочная зависимость может быть использована для определения прочности бетона в конструкциях, в соответствии с требованием ГОСТ 18105 в диапазоне прочностей 21,10 – 31,14 МПа.

Текущий коэффициент вариации прочности бетона монолитной железобетонной плиты перекрытия определяют по формуле:

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} 100,$$

где S_m(МПа)– среднеквадратическое отклонение прочности бетона в партии, рассчитывают по формуле:

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(R_i - R_m)^2}{n-1}}.$$

Фактическую прочность бетона в партии R_m, МПа рассчитывают по формуле:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_{iH}}{n},$$

$$R_m = \frac{22,13+28,00+\cdots+27,58+26,17}{63} = 26,39 \text{ МПа}$$

$$S_m = \sqrt{\frac{(22,13-26,39)^2+(28,0-26,39)^2\ldots+(27,58-26,39)^2+(26,17-26,39)^2}{63-1}} = 2,41 \text{ МПа};$$

$$V_m = \frac{2,41}{26,39} \times 100\% = 9,12\%$$

В соответствии с таблицей 9, коэффициент требуемой прочности *К*т, при контроле прочности по схеме В для коэффициента вариации прочности V_m= 9%, равен *К***т** = 1,11.

Фактический класс бетона по прочности монолитных железобетонных стен и колонн определяют по формуле (11) ГОСТ 18105:

$$B\phi = \frac{Rm}{Kт} = \frac{26,39}{1,11} = 23,77\text{МПа}$$

Сравнивают значение фактического класса бетона по прочности $B_ф$ монолитных железобетонных стен и колонн с проектным классом бетона по прочности $B_{норм}$:

$B_ф$=23,77Мпа≤ $B_{норм}$=25,0Мпа

Вывод: по результатам проведенных испытаний, средняя прочность монолитных железобетонных стен и колонн в осях А-Д / 1-6 на отметке -2.900 в проектном возрасте составляет 23,77 Мпа, что меньше нормируемой прочности бетона в проектном возрасте $B_{норм}$, равной 25Мпа. Следовательно, партия монолитных конструкций не подлежит приемке по прочности бетона. Возможность использования (или необходимость усиления) данной партии конструкций должна быть согласована с проектной организацией объекта строительства.

ПРИМЕР 4. Определение прочности бетона в партии, состоящей из 6 монолитных железобетонных колонн в возрасте более 56 суток

Исходные данные: Монолитные железобетонные колонны, общее количество – 6 конструкций, сечением 400×400 мм. Проектный класс бетона по прочности – не установлен.

Требуется определить:

- фактическую прочность (R_m);
- фактический класс ($B_ф$) бетона.

Оценку прочности бетона партий монолитных конструкций производим по схеме **Г**, согласно ГОСТ 18105, основанной на результатах неразрушающего контроля прочности бетона одной текущей контролируемой партии конструкций.

1. В возрасте более 2 месяцев испытываемых конструкций, распределение конструкций по контролируемым партиям не регламентируется.

По результатам визуального обследования вскрытых участков ж/б конструкций на предмет различия в конструкциях состава заполнителя принимаем все колонны за 1 партию, т.к. в состав партии сборных или монолитных конструкций включают конструкции, изготовленные из бетонной смеси одного номинального состава, отформованные по одной технологии. (ГОСТ 18105 - п. 5.1)

2. Определение числа и мест расположения контролируемых участков в партии. В соответствии с п.7.1.1 ГОСТ 17624 – расположение контролируемых участков принимать в соответствии с программой обследования.

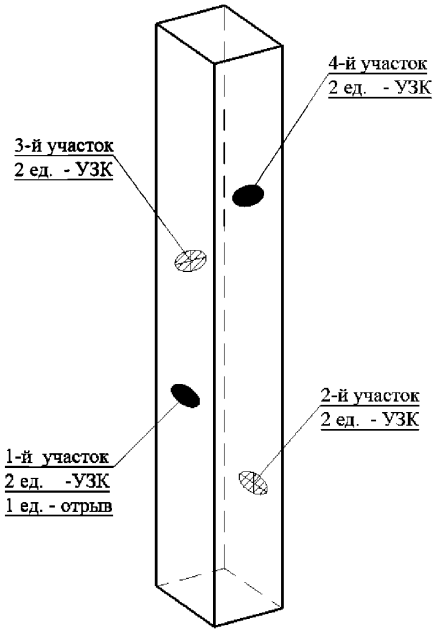
В соответствии с п. 5.8 (примечание) ГОСТ 18105 – При проведении обследований и экспертной оценке качества линейных вертикальных конструкций число контролируемых участков должно быть не менее четырех.

В качестве методов неразрушающего контроля прочности бетона приняты:

- прямой механический метод – отрыв со скалыванием (прибор – ПИБ 40М);
- косвенный метод – ультразвуковой метод (прибор – УК 1401).

Для метода «отрыв со скалыванием» принят тип анкерного устройства II, с рабочей глубиной заделки – h=48 мм; диаметр анкерного устройства – d = 24 мм.

Схема расположения контролируемых участков и числа испытаний на каждой конструкции контролируемой партии



В соответствии с требованиями ГОСТ 26690 и ГОСТ 17624 число измерений и расположение на каждом контролируемом участке составляет:

Методы неразрушающего контроля	Число испытаний на участке	Расстояние между местами испытаний, (мм)	Расстояние от края элемента до места испытания	Минимальная толщина испытываемой конструкции
Отрыв со скалыванием	1	5 глубин вырыва	150 мм	Удвоенная глубина анкера
Ультразвуковой метод	1 – при сквозном прозвучивании с каждой стороны; 2 – при поверхностном.		30 мм	

3. Построение градуировочной зависимости между скоростью ультразвука и прочностью бетона, определенной методом отрыва со скалыванием, устанавливаем на основе полученных показаний.

Полученные показания методов неразрушающего контроля приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Номер участка	Скорость ультразвука, H_i (м/с)	Усилие вырыва анкера, P_i (кН)
1	3312	32,44
2	3489	-
3	3398	-
4	3401	-
5	3827	39,08
6	3559	-
7	3627	-
8	3710	-
9	3248	-
10	3721	39,33
11	3547	-
12	3489	-
13	3621	-
15	3478	35,11
16	3588	-
17	3601	-
18	3477	-
1	3652	38,69
9	3499	-
20	3566	-
21	3588	-
22	3489	37,67
23	3499	-
24	3578	-

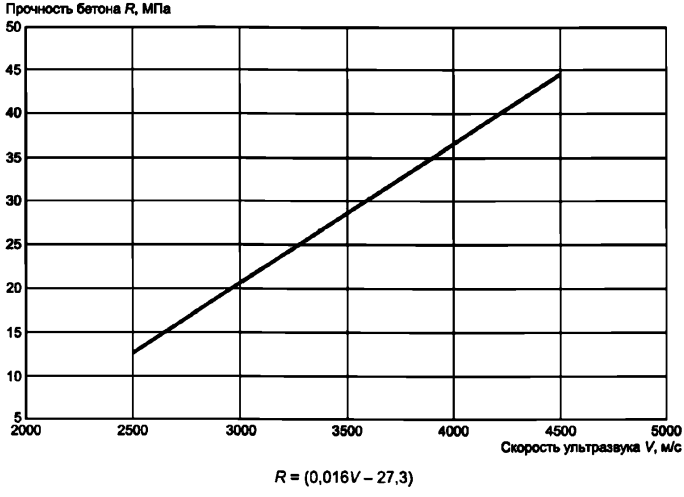


Рисунок 4.1 – Используемая универсальная градуировочная зависимость по ГОСТ 17624

4. Для перевода единичных показаний косвенного метода (ультразвук) в единичные значения прочности устанавливаем уравнение градуировочной зависимости (косвенный показатель – прочность), которое принимают линейного вида:

$$R = aH + b \quad (1)$$

Полученные единичные значения прочности бетона, полученные косвенным и прямым методами представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2

№ п/п контролируемого участка	Скорость ультразвука, м/с	Прочность, МПа	
		Косвенный метод, R_{iH}	Прямой метод, $R_{iф}$
1	3312	25,69	29,2
2	3489	28,52	-
3	3398	27,07	-
4	3401	27,12	-
5	3827	33,93	35,2
6	3559	29,64	-
7	3627	30,73	-
8	3710	32,06	-
9	3248	24,67	-
10	3721	32,24	35,4
11	3547	29,45	-
12	3489	28,52	-
13	3621	30,64	-
14	3478	28,35	31,6
15	3588	30,11	-
16	3601	30,32	-
17	3477	28,33	-
18	3652	31,13	34,8
19	3499	28,68	-
20	3566	29,76	-
21	3588	30,11	-
22	3489	28,52	33,9
23	3499	28,68	-
24	3578	29,95	-

5. Для уточнения градуировочной зависимости по полученным показаниям единичных значений прочности определим коэффициент совпадения K_c, используемый для уточнения единичных значений прочности контролируемой партии. Определение коэффициента совпадения K_c выполняем по формуле:

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{R_{o.c\,i}}{R_{узк\,i}}}{n},$$

где

$R_{o.c.i}$ – единичное значение прочности бетона, определяемое методом отрыва со скалыванием.

$R_{узк.i}$ – единичное значение прочности бетона, определяемое ультразвуковым

методом.

Каждое полученное частное значение $\frac{R_{o.c\,i}}{R_{узк\,i}}$ должно отвечать следующим условиям:

- лежать в диапазоне значений от 0,7 до 1,3;
- отличаться от среднего значения не более чем на 15%.

По результатам проверки полученные частные значения контрольных участков партии отвечают перечисленным условиям и могут быть использованы для определения коэффициента совпадения K_c.

$$K_c = \frac{\frac{29,20}{25,69} + \frac{35,17}{33,93} + + \frac{35,40}{32,24} + + \frac{31,60}{28,35} + + \frac{34,82}{31,13} + \frac{33,90}{28,52}}{6} = \mathbf{1,115}$$

Полученные единичные значения прочности бетона в каждой партии, умножаем на соответствующий коэффициент совпадения K_c.

6. Фактический класс бетона в партии при контроле при схеме Г определяем по формуле:

$$B_ф = 0,8R_m$$

7. Таблица результатов испытаний

Таблица 4.3

№ п/п	Номер контр. участка конструкции	Дата бетонирования	Дата испытания	Возраст бетона, сут.	Наименование конструкций	Расположение в осях	Ср.знач. показания (УЗК) V, м/с	Усилие вырыва анкера, кН	Прочность бетона, МПа		
									Участок	Средняя в захватке или конструкции *Rm*	Фактический класс бетона *Вф*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	02.2017 г.	05.2017 г.	более 56 суток	Колонна	1/А	3312	32,44	28,66	**32,73**	**26,18**
2	2						3489	-	31,82		
3	3						3398	-	30,19		
4	4						3401	-	30,25		
5	1				Колонна	1/Б	3827	39,08	37,85		
6	2						3559	-	33,07		
7	3						3627	-	34,28		
8	4						3710	-	35,76		
9	1				Колонна	2/А	3248	-	27,52		
10	2						3721	39,33	35,96		
11	3						3547	-	32,85		
12	4						3489	-	31,82		
13	1				Колонна	2/Б	3621	-	34,17		
14	2						3478	35,11	31,62		
15	3						3588	-	33,58		
16	4						3601	-	33,82		
17	1				Колонна	3/А	3477	-	31,60		
18	2						3652	38,69	34,73		
19	3						3499	-	32,00		
20	4						3566	-	33,19		
21	1				Колонна	3/Б	3588	-	33,58		
22	2						3489	37,67	31,82		
23	3						3499	-	32,00		
24	4						3578	-	33,41		

ПРИМЕР 5. Определение прочности бетона на объекте незавершенного строительства в возрасте более 56 суток

Исходные данные: Объект незавершенного строительства – каркас, состоящий из стен и колонн, жестко защемленных в сборно-монолитные фундаменты и объединенных сборно-монолитным перекрытием.

Год постройки – ориентировочно 2012 г.

Консервация завершенной части строительства в осях 3-5/А-В – ориентировочно 2012÷2014 гг.

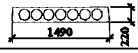
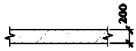
Возведение элементов каркаса в осях 1-3/А-В; 1-5/В-Г – ориентировочно 2015÷2016 гг.

Проектный класс бетона по прочности – не установлен.

Требуется определить:

- фактическую прочность (R_m), фактический класс (B_ϕ) бетона, текущий коэффициент вариации (V_m) партии – для вертикальных монолитных конструкций (колонны, стены);
- фактическую прочность (R_m), фактический класс (B_ϕ) бетона – для монолитных участков плиты перекрытия, расположенных в осях 3-5/Б-В; 1-2/В-Г;
- фактическую прочность бетона (R_m) – для сборных конструкций перекрытия, определить на выборочных участках в количестве 12 шт. – для ригелей; 16 шт. – для многопустотных плит.

1. В возрасте более 2 месяцев испытываемых конструкций, распределение конструкций по контролируемым партиям не регламентируется. Партии конструкций назначаем по конструктивным типам элементов и по виду изготовления конструкций.

Ведомость элементов		
Марка	Эскиз	Состав
К1		сборный ж/б
К1м		монолитный ж/б
Р-1		сборный ж/б
П-1		сборный жб
Плита перекрытия		монолитный жб

Ведомость контролируемых партий ж/б конструкций			
№ партии контрол. конструкций	Наименование конструкций	Расположение в осях	Материа
1	Колонны Км1; Стены ЛК	3-5/А-В	монолитны ж/б
2	Колонны К1	1-3/А-В; 1-5/Г	сборный ж
3	Плита	3-5/Б-В; 1-2/В-Г	монолитны ж/б
4	Ригели Р-1	1-3/А; 1-3/Б; 1-5/В; 1-5/Г	сборный ж
5	Плиты П-1	1-3/А-В; 2-5/В-Г	сборный ж

Оценку прочности бетона для партий №1 и №2 проводим по схеме **В**, согласно ГОСТ 18105 с построением градуировочных зависимостей.

Оценку прочности бетона для партий №№3, 4, 5 проводим по схеме **Г**, согласно ГОСТ 18105, с уточнением градуировочных зависимостей.

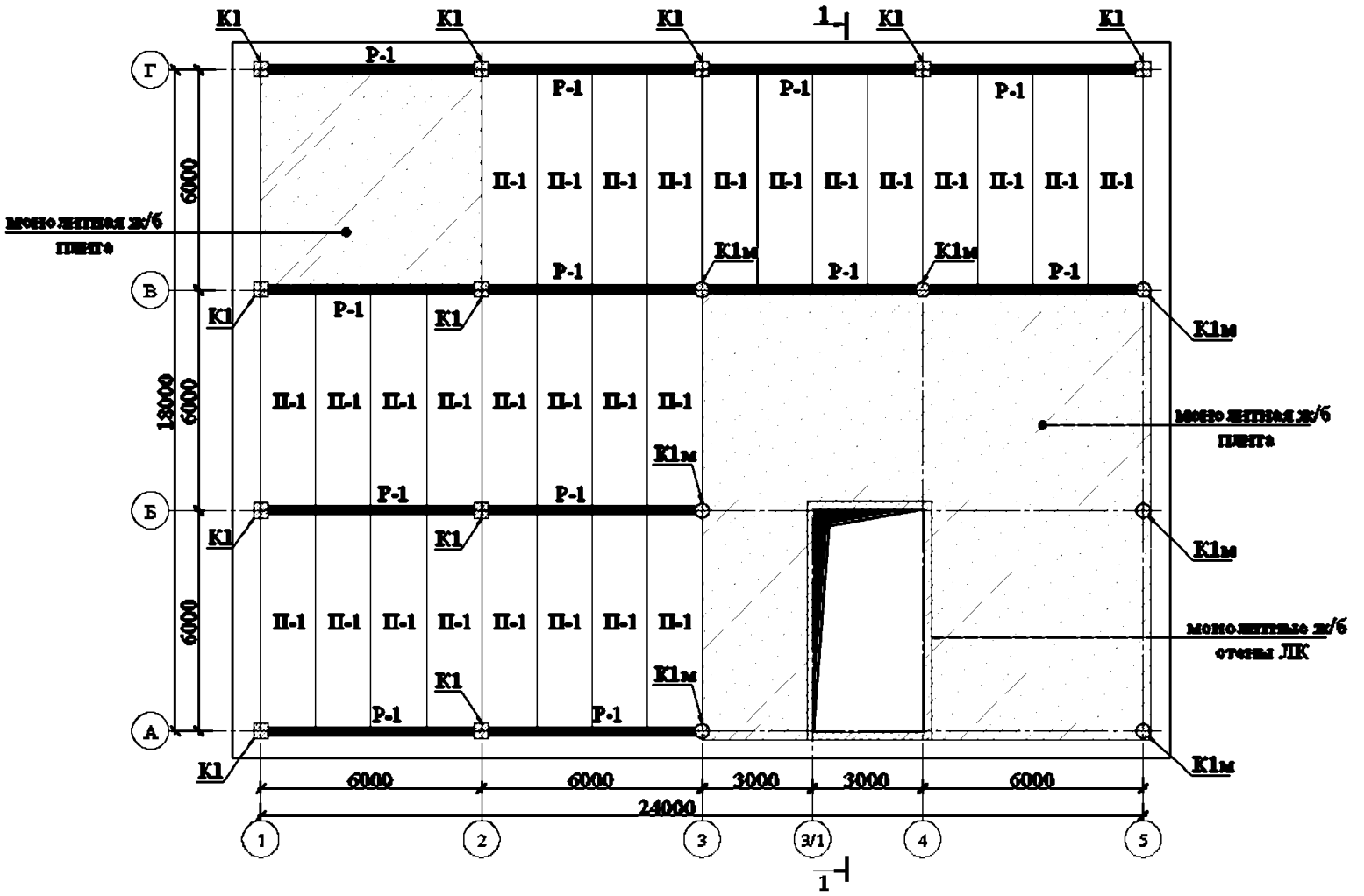
2. Определение числа и мест расположения контролируемых участков в партии.

В качестве методов неразрушающего контроля прочности бетона приняты:

- прямой механический метод – отрыв со скалыванием (прибор – ОНИКС 1.050);
- прямой механический метод – скалывание ребра (прибор – ОНИКС 1.СР);
- косвенный метод – ультразвуковой метод (прибор – УК 1401).

Для метода «отрыв со скалыванием» принят тип анкерного устройства II, с рабочей глубиной заделки – $h = 35$ мм; диаметр анкерного устройства – $d = 16$ мм.

Схема расположения конструкций



Разрез 1-1

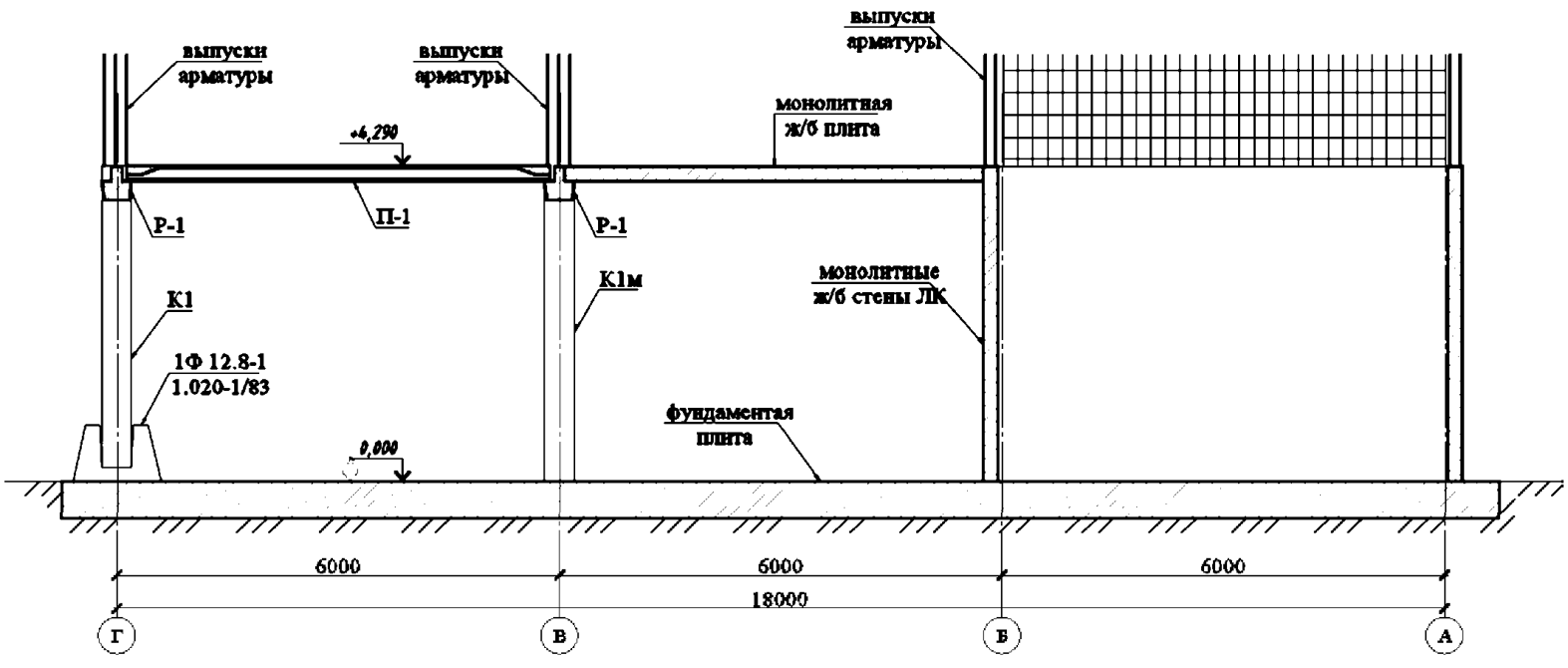


Схема распределения вертикальных конструкций по контролируемым партиям

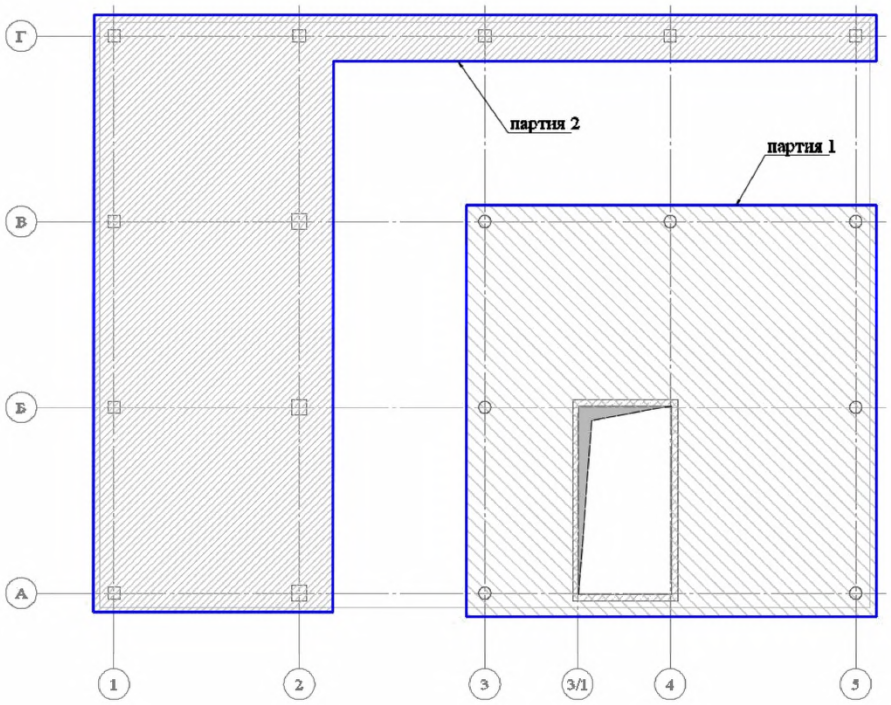


Схема распределения горизонтальных конструкций по контролируемым партиям

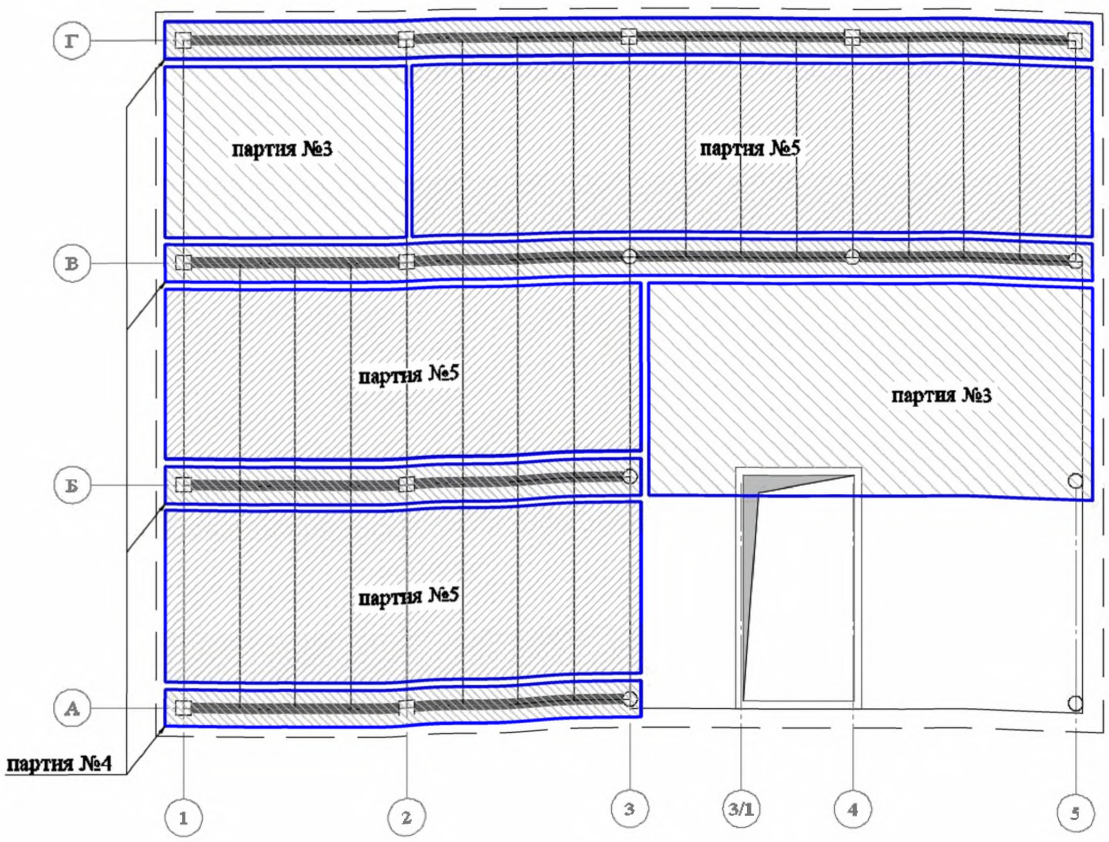


Схема расположения контролируемых участков на вертикальных конструкциях

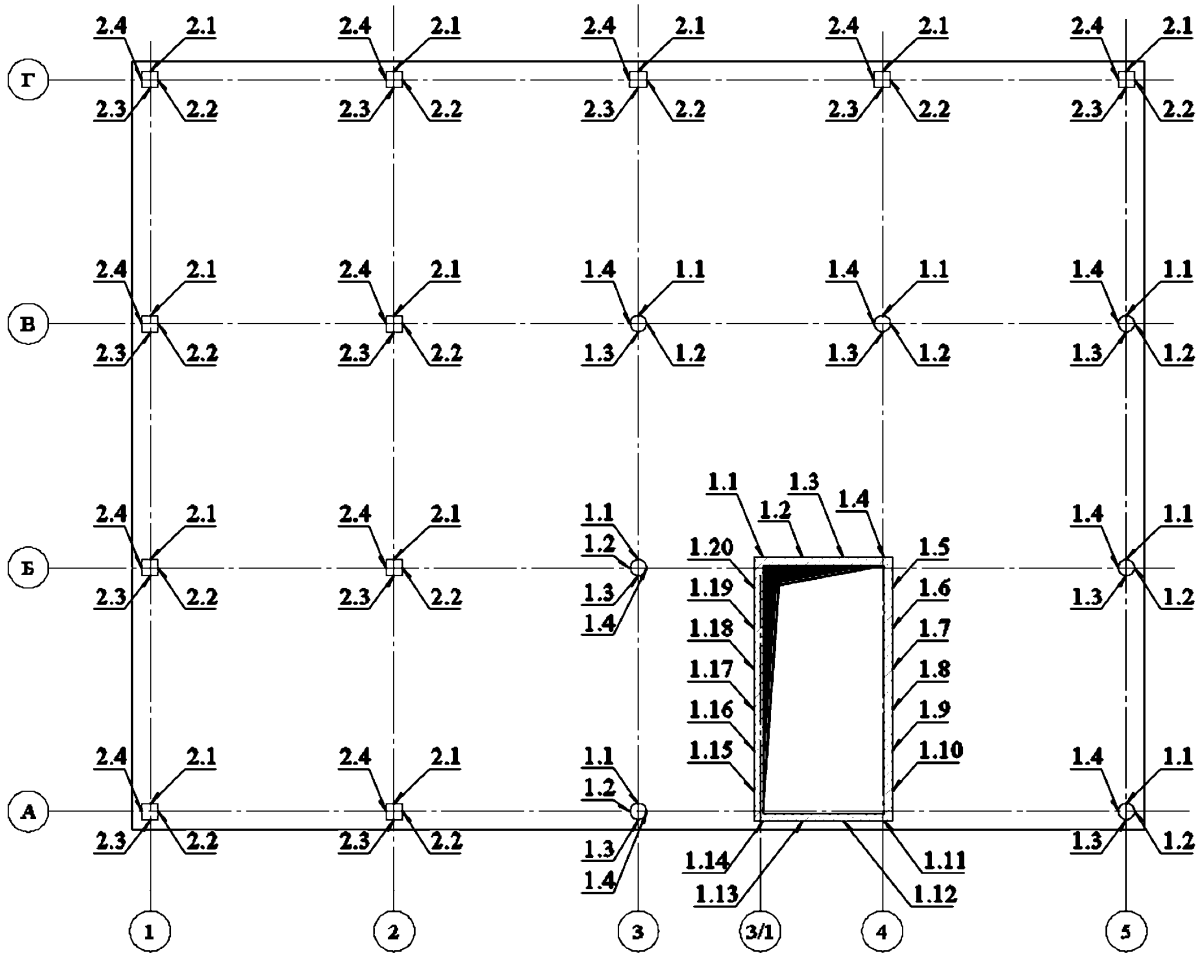
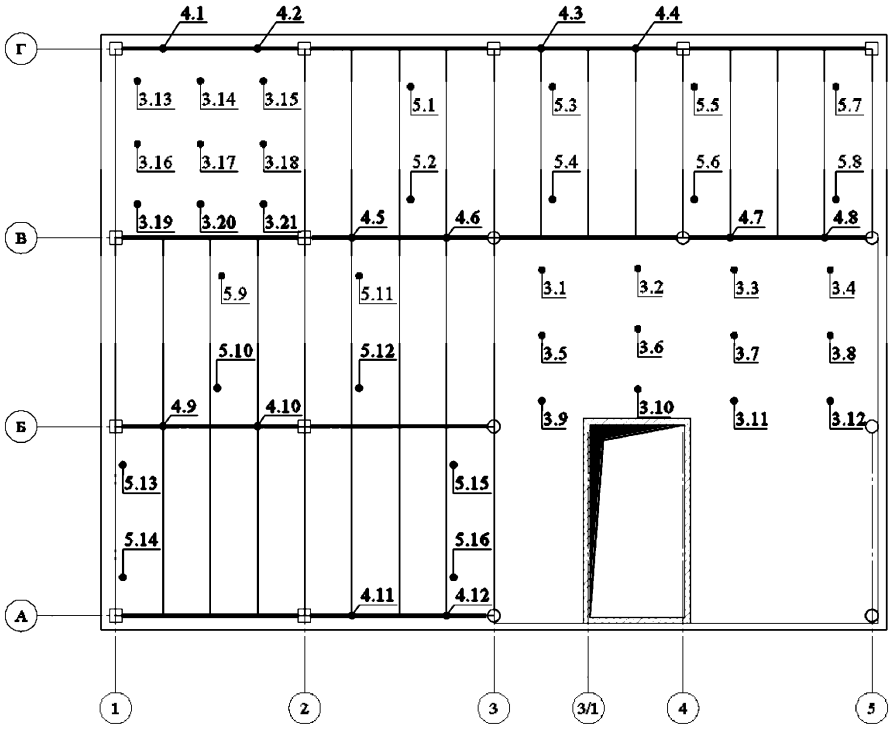


Схема расположения контролируемых участков на горизонтальных конструкциях



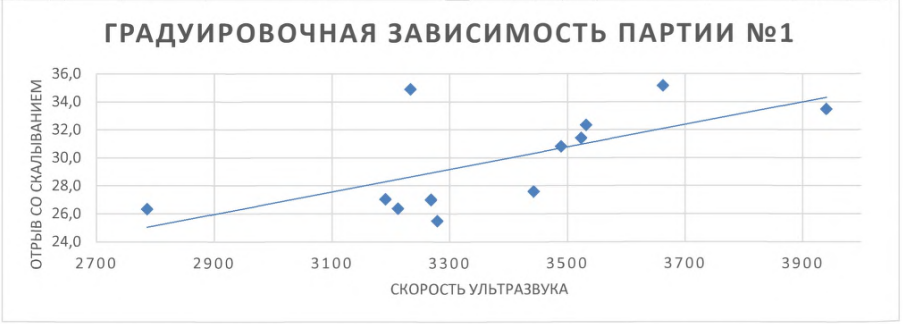
3. Построение градуировочной зависимости между скоростью ультразвука и прочностью бетона, определенной методом отрыва со скалыванием, устанавливаем на основе полученных показаний. Полученные показания методов неразрушающего контроля приведены в таблицах 5.1, 5.2.

Таблица 5.1 – Партия №1

Номер участка	Скорость ультразвука, R_{iH} (м/с)	Прочность бетона по отрыву со скалыванием, $R_{iф}$ (Мпа)
1.1	3233	34,9
1.2	2787	26,3
1.3	3940	33,5
1.2	3490	30,8
1.2	3443	27,6
1.2	3212	26,4
1.4	3269	27,0
1.3	3280	25,5
1.8	3532	32,3
1.12	3663	35,1
1.14	3191	27,0
1.17	3524	31,4

Таблица 5.2 – Партия №2

Номер участка	Скорость ультразвука, R_{iH} (м/с)	Прочность бетона по отрыву со скалыванием, $R_{iф}$ (Мпа)
2.1	3583	35,0
2.3	3173	32,3
2.3	3615	36,0
2.4	3882	36,7
2.3	3560	40,2
2.2	3293	28,7
2.1	4027	41,0
2.4	3385	28,9
2.2	3170	25,7
2.4	3534	32,3
2.2	3116	28,2
2.4	3477	25,3



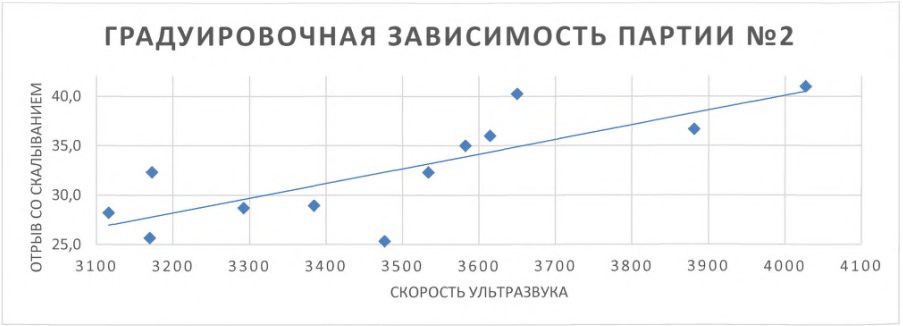


Рисунок 5.1 – Градуировочная зависимость по результатам испытаний

4. Определение среднего значения фактической прочности бетона R_m – для метода отрыва со скалыванием; $\overline{H}$ (м/с) – для ультразвукового метода в контролируемой партии конструкций.

Определение фактической прочности бетона в партии R_m, (Мпа), по формуле:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n},$$

где

R_i – единичное значение прочности бетона, МПа;

n – общее число единичных значений прочности бетона в партии.

За единичное значение прочности бетона принимают:

- при контроле неразрушающими методами – среднюю прочность бетона контролируемого участка или зоны конструкции, или среднюю прочность бетона отдельной конструкции:

$$R_{m1} = \frac{34,9+26,3+33,5...27,0+31,4}{12} = \mathbf{29,81}\ \text{Мпа};$$

$$R_{m2} = \frac{35,0+32,3+36,0...28,2+25,3}{12} = \mathbf{32,52}\ \text{Мпа}.$$

Определение среднего значения скорости в партии R_H, (Мпа), по формуле:

$$\overline{H} = \frac{\sum_{i=1}^{N} H_i}{N},$$

где

N – число участков или отдельных образцов, использованных для построения градуировочной зависимости;

$$\overline{H}_1 = \frac{(3233+2787+\cdots+3191+3524)}{12} = \mathbf{3380,08};$$

$$\overline{H}_2 = \frac{(3583+3173+\cdots+3116+3477)}{12} = \mathbf{3491,79}.$$

5. Для перевода единичных показаний косвенного метода (ультразвук) в единичные значения прочности устанавливаем уравнение градуировочной зависимости (косвенный показатель – прочность), которое принимают линейного вида:

$$R = aH + b,$$

где

R – прочность бетона, МПа;

H – косвенный показатель (скорость ультразвука).

Коэффициенты a и b рассчитывают по формулам:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[\left(R_{i\Phi} - \overline{R}_{\Phi}\right)\left(H_i - \overline{H}\right)\right]}{\sum_{i=1}^{N}\left(H_i - \overline{H}\right)^2},$$

где

$R_{i\Phi}$ – прочность бетона на i-м участке, определенная при испытании образцов или методом отрыва со скалыванием, МПа;

Hi – косвенный показатель на i-м участке;

$$b = \overline{R}_{\Phi} - a\overline{H}.$$

Таким образом, получаем линейное уравнение

R = **0,008012**×**H** + **2,7269046** – для партии №1;

R = **0,014841**×**H** – **19,299008** – для партии №2.

6. После построения градуировочной зависимости, проводят ее корректировку путем отбраковки единичных результатов испытаний, не удовлетворяющих условию

$$\frac{\left|R_{i\text{н}} - R_{i\Phi}\right|}{S} \le 2,$$

где

S – остаточное среднеквадратическое отклонение, рассчитываемое по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(R_{i\Phi} - R_{i\text{н}}\right)^2}{N-2}}.$$

Среднеквадратическое отклонение – показатель рассеивания значений

случайной величины относительно её математического ожидания:

$$S=\sqrt{\frac{(34,9-28.63)^2+(26,23-25,05)^2+\cdots+(31,4-30,6)^2}{12-2}} = 2,846$$ (до отбраковки) – для партии №1;

$$S=\sqrt{\frac{(35,0-33,87)^2+(32,3-27,78)^2+\cdots+(25,3-32,29)^2}{12-2}} = 3,4138$$ (до отбраковки) – для партии №2.

Результаты испытаний для партии №1

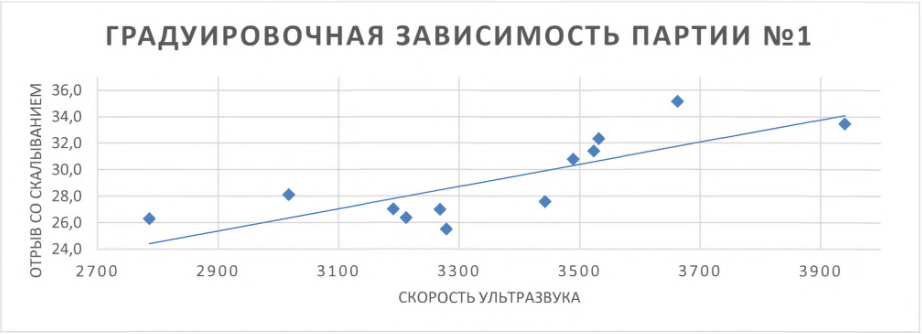
№ участка	Скорость ультразвука, м/с	Прочность, МПа			|RiH-Riф|/*S*		Примечание
		по результатам испытаний по ГОСТ 26690	по градуировочной зависимости				
			до отбраковки	после отбраковки	до отбраковки	после отбраковки	
1.1	3233	34.867	28.63	26.35	2.1783	0.8529	отбраковано
1.2	2787	26.299	25.05	24.41	0.4357	0.9181	
1.3	3940	33.456	34.29	34.09	0.2921	0.3102	
1.2	3490	30.787	30.68	30.31	0.0362	0.2308	
1.2	3443	27.574	30.31	29.92	0.9555	1.1418	
1.2	3212	26.367	28.46	27.98	0.7308	0.7858	
1.4	3269	26.979	28.91	28.46	0.6752	0.7188	
1.3	3280	25.483	29.00	28.55	1.2283	1.4912	
1.8	3532	32.334	31.02	30.67	0.4575	0.8096	
1.12	3663	35.122	32.07	31.76	1.0659	1.6327	
1.14	3191	27.013	28.29	27.80	0.4451	0.3839	
1.17	3524	31.399	30.96	30.60	0.1534	0.3876	

Если при построении градуировочной зависимости с последующей отбраковкой число единичных значений меньше минимального требуемого, то производится повторный выезд на объект с целью проведения недостающего количества испытаний.

Результаты испытаний для партии №2

№ участка	Скорость ультра-звука, м/с	Прочность, МПа			|RiH-Riф|/*S*		Примечание
		по результатам испытаний по ГОСТ 26690	по градуировочной зависимости				
			до отбраковки	после отбраковки	до отбраковки	после отбраковки	
2.1	3583	34.986	33.87	34.38	0.3277	0.2322	
2.3	3173	32.317	27.78	27.98	1.3283	1.6529	
2.3	3615	36.006	34.35	34.88	0.4852	0.4279	
2.4	3882	36.669	38.30	39.04	0.4791	0.9044	
2.3	3650	40.222	34.87	35.43	1.5681	1.8278	
2.2	3293	28.696	29.56	29.85	0.2541	0.4420	
2.1	4027	40.987	40.46	41.31	0.1533	0.1228	
2.4	3385	28.917	30.93	31.29	0.5893	0.9050	
2.2	3170	25.67	27.74	27.94	0.6058	0.8646	
2.4	3534	32.283	33.15	33.62	0.2532	0.5103	
2.2	3116	28.203	26.94	27.10	0.3688	0.4198	
2.4	3477	25.296	32.29	27.23	2.0499	0.8114	отбраковано

7. Построение новой градуировочной зависимости по откорректированным показаниям единичных значений прочности.



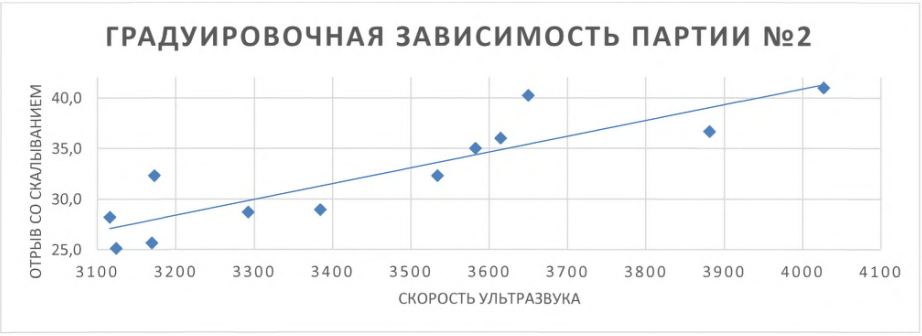


Рисунок 5.2 – Градуировочная зависимость, построенная после отбраковки испытаний

Определение среднего значения фактической прочности бетона R_m – для метода отрыва со скалыванием; $\overline{H}$ (м/с) – для ультразвукового метода в контролируемой партии конструкций по формулам (1), (2).

$$R_{m1}=\frac{28{,}1+26{,}3+33{,}5+\cdots\ldots 27{,}0+31{,}4}{12}=\mathbf{29{,}2428}\ \text{МПа};$$

$$R_{m2}=\frac{35{,}0+32{,}3+36{,}0\ldots 28{,}2+25{,}1}{12}=\mathbf{32{,}505}\ \text{МПа};$$

$$\overline{H_1}=\frac{(3017+2787+\cdots+3191+3524)}{12}=\mathbf{3362{,}08};$$

$$\overline{H_2}=\frac{(3583+3173+\cdots+3116+3124)}{12}=\mathbf{3462{,}42}.$$

Устанавливаем уравнение градуировочной зависимости для

откорректированной градуировки по формуле (3).

Определяем коэффициенты **a** и **b**, рассчитываемые по формулам (4), (5).

Таким образом, получим линейное уравнение нового вида:

$$R = 0{,}00839 \times H + 1{,}0202$$ – для партии №1;

$$R = 0{,}01559 \times H - 21{,}4899$$ – для партии №2.

После получения дополнительных показаний единичных значений прочности, проводим повторную отбраковку, не удовлетворяющих условию (6).

$S=\sqrt{\frac{(28{,}1-26.35)^2+(26{,}23-24{,}41)^2+\cdots+(31{,}4-30{,}6)^2}{12-2}} = 2{,}056$ (до отбраковки) – для партии №1;

$S=\sqrt{\frac{(35{,}0-34{,}38)^2+(32{,}3-27{,}98)^2+\cdots+(25{,}1-27{,}23)^2}{12-2}} = 2{,}621$ (до отбраковки) – для партии №2.

8. Проверка условий применения построенной градуировочной зависимости, только для значений попадающих в диапазон значений H_{min} до H_{max}.

Если коэффициент корреляции r <0,7 или среднеквадратическое отклонение градуировочной зависимости $S_{т.м.н}/\overline{R} > 0{,}15$, то контроль и оценка прочности по полученной градуировочной зависимости не допускаются.

Определение значения коэффициента корреляции по формуле:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(R_{iH} - \overline{R}_{iH}) \cdot (R_{iф} - \overline{R}_{iф})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(R_{iH} - \overline{R}_{iH})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(R_{iф} - \overline{R}_{iф})^2}}$$

Коэффициент корреляции – отношение суммы произведений отклонений к произведению сумм квадратов отклонений. Коэффициент корреляции характеризует существование зависимости между двумя величинами:

$$r_1 = \frac{(26.35-29.24)\times(28.1-29.24)+\cdots+(30.60-29{,}24)\times(31.39-29.24)}{\sqrt{(26.35-29.24)^2+\cdots+(28.1-29.24)^2}\times\sqrt{(30.60-29.24)^2+\cdots+(31.39-29.24)^2}} = 0.793463;$$

$$r_2 = \frac{(34.38-32.505)\times(34.99-32.505)+\cdots+(27.23-32.505)\times(25.10-32{,}505)}{\sqrt{(34.38-32.505)^2+\cdots+(27.23-32{,}505)^2}\times\sqrt{(34.99-32.505)^2+\cdots+(25.10-32.505)^2}} = 0.884103;$$

где

$R_{iф}$ и R_{iH} – единичные значения прочности бетона участков, определяемые неразрушающими методами при установлении градуировочной зависимости.

Определение значения отношения среднеквадратического отклонения к среднему значению прочности бетона по формуле:

$$S_t/Rm = 2{,}52/29{,}24 = \mathbf{0{,}086} < 0{,}15 \text{ – для партии №1;}$$

$$S_t/Rm = 3{,}084/32{,}505 = \mathbf{0{,}095} < 0{,}15 \text{ – для партии №2.}$$

где S_t – рассчитанное среднеквадратическое отклонение используемой градуировочной зависимости, его определяют по формуле

$$S_T = \sqrt{S^2_{T.H.M} + S^2_{T.P.M}},$$

$$S_{T(1)} = \sqrt{2{,}0564^2 + (0.05 \times 29.24)^2} = 2{,}5232;$$

$$S_{T(2)} = \sqrt{2{,}6217^2 + (0.05 \times 32.505)^2} = 3{,}08461.$$

Где для метода отрыва со скалыванием $S_{T.P.M}$ принимают равным 0,05 средней прочности бетона участков, использованных при построении градуировочной зависимости при анкерном устройстве с глубиной заделки 36 мм.

Определение среднеквадратического отклонения $S_{T.H.M}$ построенной градуировочной зависимости по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(R_{iф} - R_{iн})^2}{N-2}}.$$

Поскольку коэффициент вариации $S_{T.H.M}/R_m$=8,6% ≤ 15% и коэффициент корреляции r=0,793 ≥ 0,7 полученная градуировочная зависимость может быть использована для определения прочности бетона в конструкциях **партии №1** в диапазоне прочностей от 27,3÷31,5 МПа.

Поскольку коэффициент вариации $S_{T.H.M}/R_m$ =9,5% ≤ 15% и коэффициент корреляции r=0,884≥ 0,7 полученная градуировочная зависимость может быть использована для определения прочности бетона в конструкциях **партии №2** в диапазоне прочностей от 29,0÷38,3 МПа.

9. Определение фактического класса бетона по прочности отдельных

вертикальных монолитных конструкций партий №1, при контроле по схеме В, рассчитывают по формуле

$$B_{\Phi} = R_m - t_{\beta} \frac{S_T}{\sqrt{n}}.$$

В данной формуле фактический класс бетона в отдельной конструкции контролируемой партии определен как разность средней прочности и отношения среднеквадратического отклонения к количеству контролируемых участков одной конструкции.

t_β - коэффициент, принимаемый по таблице 11 в зависимости от числа единичных значений n.

10. Для определения фактической прочности бетона в партиях №№3, 4, 5 применим методику уточнения градуировочных зависимостей, используя построенную градуировочную зависимость партии №1 – для конструкций партии №3; построенную градуировочную зависимость партии №2 – для конструкций партий №№4, 5.

Для уточнения градуировочной зависимости на каждой партии конструкций выполняем по 3 контролируемых участка, используя прямой и косвенный методы испытаний, после чего по полученным показаниям определим коэффициент совпадения K_c, используемый для уточнения единичных значений прочности контролируемой партии. Определение коэффициента совпадения K_c выполняем по формуле

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{R_{o.c\,i}}{R_{узк\,i}}}{n},$$

где

$R_{o.c.i}$ – единичное значение прочности бетона, определяемое методом отрыва со скалыванием – для партий *№3, №4*; методом скалывания ребра – для партии №5;

$R_{узк.i}$ – единичное значение прочности бетона, определяемое ультразвуковым методом.

Полученные показания методов неразрушающего контроля для уточнения построенных градуировочных зависимостей приведены в таблицах 5.3, 5.4, 5.5.

Партия №3 Таблица 5.3

Номер участка	$R_{о.с.i}$, (МПа)	$R_{узк.i}$ (МПа)
3.1	29,274	30,022
3.8	35,615	31,357
3.15	27,166	28,008

Партия №4 Таблица 5.4

Номер участка	$R_{о.с.i}$, (МПа)	$R_{узк.i}$ (МПа)
4.1	25,687	29,48
4.4	25,483	27,23
4.11	30,413	34,64

Партия №5 Таблица 5.5

Номер участка	$R_{о.с.i}$, (МПа)	$R_{узк.i}$ (МПа)
5.1	22,457	27,63
5.6	26,367	29,98
5.12	27,608	35,38

Каждое полученное частное значение $\frac{R_{о.с\,i}}{R_{узк\,i}}$ должно отвечать следующим условиям:

- лежать в диапазоне значений от 0,7 до 1,3;
- не отличаться от среднего значения не более чем на 15%.

По результатам проверки полученные частные значения контрольных участков партий №№3, 4, 5 отвечают перечисленным условиям и могут быть использованы для определения коэффициента совпадения K_c.:

$$K_c = \frac{\frac{29,274}{30,022} + \frac{35,615}{31,357} + \frac{27,166}{28,008}}{3} = \mathbf{1,027}$$ – для партии №3;

$$K_c = \frac{\frac{25,687}{29,48} + \frac{25,483}{27,23} + \frac{30,413}{34,64}}{3} = \mathbf{0,90}$$ – для партии №4;

$$K_c = \frac{\frac{22,457}{27,63} + \frac{26,367}{29,98} + \frac{27,608}{35,38}}{3} = \mathbf{0,82}$$ – для партии №5.

Полученные единичные значения прочности бетона в каждой партии, умножаем на соответствующий коэффициент совпадения K_c.

11. Фактический класс бетона в партии №3 при контроле при схеме Г определяем по формуле:

$$B_ф = 0,8R_m.$$

12. Вывод: по результатам проведенных испытаний контролируемых партий железобетонных конструкций установлено, что:

- в партии №1 (монолитные ж/б колонны) – средняя прочность (R_m) варьируется в диапазоне 27,3÷31,5 МПа, фактический класс ($B_ф$) бетона варьируется в диапазоне 23,6÷27,8;
- в партии №2 (сборные ж/б колонны) – средняя прочность (R_m) варьируется в диапазоне 29,0÷38,3 МПа;

- в партии №3 (монолитные ж/б плиты) – средняя прочность (R_m) варьируется в диапазоне 28,0÷29,0 МПа, фактический класс ($B_ф$) бетона варьируется в диапазоне 22,4÷23,2;
- в партии №4 (сборные ж/б ригели) – средняя прочность (R_m) варьируется в диапазоне 25,3÷29,2 МПа;
- в партии №5 (сборные ж/б плиты) – средняя прочность (R_m) варьируется в диапазоне 22,9÷25,1 МПа.

Таблица результатов испытаний

№ п/п	Номер контр. участка конструкции	Дата бетонирования	Дата испытания	Возраст бетона, сут.	Наименование конструкций	Расположение в осях	Ср.знач. показания (УЗК) V, м/с	Усилие вырыва анкера, кН	Прочность бетона, МПа		
									Участок	Средняя в захватке или конструкции *Rm*	Фактический класс бетона *Вф*
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
Партия №1. Монолитные железобетонные стены и колонны											
1	1,1	02.2012 г,	05.2017 г,	более 56 суток	Колонна	3/В	3233	20,51	28,16	28,15	24,39
2	1,2						3147	-	27,44		
3	1,3						3280	-	28,55		
4	1,4						3269	-	28,46		
5	1,1				Колонна	4/В	2977	15,47	26,01	27,39	23,63
6	1,2						2787	-	24,41		
7	1,3						3381	-	29,40		
8	1,4						3423	-	29,75		
9	1,1				Колонна	5/В	3479	19,68	30,22	31,54	27,78
10	1,2						3586	-	31,12		
11	1,3						3940	-	34,09		
12	1,4						3541	-	30,74		
13	1,1				Колонна	3/Б	3455	18,11	30,02	29,96	26,20
14	1,2						3490	-	30,31		
15	1,3						3433	-	29,84		
16	1,4						3413	-	29,67		
17	1,1				Колонна	5/Б	3321	16,22	28,90	29,98	26,22
18	1,2						3443	-	29,92		
19	1,3						3647	-	31,63		
20	1,4						3390	-	29,47		

21	1,1				Колонна	3/А	3047	-	26,60	27,34	23,58
22	1,2						3212	15,51	27,98		
23	1,3						3211	-	27,97		
24	1,4						3073	-	26,82		
25	1,1				Колонна	5/А	3043	15,87	26,56	27,75	23,99
26	1,2						3147	-	27,44		
27	1,3						3280	-	28,55		
28	1,4						3269	-	28,46		
29	1,1				Стены ЛК	(3/1)-4/А-Б	3043	-	26,56	29,04	27,35
30	1,2						3147	-	27,44		
31	1,3						3280	14,99	28,55		
32	1,4						3269	-	28,46		
33	1,5						3513	-	30,51		
34	1,6						3223	-	28,08		
35	1,7						3704	-	32,11		
36	1,8						3532	19,02	30,67		
37	1,9						3280	-	28,55		
38	1,10						3422	-	29,75		
39	1,11						3583	-	31,09		
40	1,12						3663	20,66	31,76		
41	1,13						3142	-	27,40		
42	1,14						3191	15,89	27,80		
43	1,15						3365	-	29,26		
44	1,16						3387	-	29,45		
45	1,17						3524	18,47	30,60		
46	1,18						3069	-	26,78		
47	1,19						3210	-	27,97		
48	1,20						3215	-	28,01		

Таблица результатов испытаний

№ п/п	Номер контр. участка конструкции	Дата бетонирования	Дата испытания	Возраст бетона, сут.	Наименование конструкций	Расположение в осях	Ср.знач. показания (УЗК) V, м/с	Усилие вырыва анкера, кН	Прочность бетона, МПа	
									Участок	Средняя в захватке или конструкции *Rm*
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*
Партия №2. Сборные железобетонные колонны										
1	2,1	03,2015 г,	05,2017 г,	более 56 суток	Колонна	1/А	3583	20,58	34,38	34,61
2	2,2						3444	-	32,22	
3	2,3						3684	-	35,95	
4	2,4						3679	-	35,87	
5	2,1				Колонна	2/А	3276	-	29,59	29,92
6	2,2						3285	19,01	29,73	
7	2,3						3173	-	27,98	
8	2,4						3455	21,18	32,39	
9	2,1				Колонна	3/А	3625	-	35,04	36,05
10	2,2						3576	-	34,27	
11	2,3						3739	21,57	36,82	
12	2,4						3819	-	38,07	
13	2,1				Колонна	4/А	3451	-	32,33	32,88
14	2,2						3314	23,66	30,19	
15	2,3						3615	-	34,88	
16	2,4						3566	-	34,11	
17	2,1				Колонна	1/Б	3936	16,88	39,89	37,85
18	2,2						3721	-	36,54	
19	2,3						3684	-	35,95	
20	2,4						3882	-	39,04	

21	2,1				Колонна	2/Б	3524	-	33,47	34,96
22	2,2						3554	24,11	33,93	
23	2,3						3650	-	35,43	
24	2,4						3752	-	37,02	
25	2,1				Колонна	3/Б	3513	-	33,29	30,77
26	2,2						3293	17,01	29,85	
27	2,3						3332	-	30,47	
28	2,4						3269	-	29,48	
29	2,1				Колонна	4/Б	4027	-	41,31	38,30
30	2,2						3651	-	35,45	
31	2,3						3809	15,1	37,90	
32	2,4						3850	-	38,55	
33	2,1				Колонна	3/Г	3513	-	33,29	32,93
34	2,2						3325	-	30,36	
35	2,3						3735	18,99	36,76	
36	2,4						3385	-	31,29	
37	2,1				Колонна	4/Г	3320	-	30,28	29,00
38	2,2						3170	-	27,94	
39	2,3						3150	16,59	27,63	
40	2,4						3312	-	30,16	
41	2,1				Колонна	5/Г	3691	-	36,06	34,07
42	2,2						3563	14,88	34,07	
43	2,3						3522	-	33,43	
44	2,4						3477	-	32,72	

№ п/п	Номер контр. участка конструкции	Дата бетонирования	Дата испытания	Возраст бетона, сут.	Наименование конструкций	Расположение в осях	Ср.знач. показания (УЗК) V, м/с	Усилие вырыва анкера, кН	Прочность бетона, МПа		
									Участок	Средняя в захватке или конструкции *Rm*	Фактический класс бетона *Вф*
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
Партия №3. Участки монолитной железобетонной плиты											
1	3,1	02,2012 г,	05,2017 г,	более 56 суток	Плита	3-5/Б-В	3145	17,22	28,16	28,40	22,72
2	3,2						3017	-	27,06		
3	3,3						3277	-	29,29		
4	3,4						3081	-	27,60		
5	3,5						3031	-	27,18		
6	3,6						2958	-	26,54		
7	3,7						3280	-	29,32		
8	3,8						3301	20,95	29,50		
9	3,9						3057	-	27,40		
10	3,10						3056	-	27,39		
11	3,11						3455	-	30,83		
12	3,12						2836	-	25,50		
13	3,13	03,2015 г,			Плита	1-2/В-Г	3155	-	28,24		
14	3,14						3307	-	29,55		
15	3,15						3460	15,98	30,87		
16	3,16						3392	-	30,28		
17	3,17						3044	-	27,29		
18	3,18						3017	-	27,06		
19	3,19						3130	-	28,03		
20	3,20						3280	-	29,32		
21	3,21						3367	-	30,07		

№ п/п	Номер контр. участка конструкции	Дата бетонирования	Дата испытания	Возраст бетона, сут.	Наименование конструкций	Расположение в осях	Ср.знач. показания (УЗК) V, м/с	Усилие вырыва анкера, кН	Прочность бетона, МПа	
									Участок	Средняя в захватке или конструкции *Rm*
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*
Партия №4. Сборные железобетонные ригели										
1	4.1	03.2015 г.	05.2017 г.	более 56 суток	Ригель	1-2/Г	3145	15.11	24.66	25.66
2	4.2						3289	-	26.67	
3	4.3					3-4/Г	3512	-	29.79	28.45
4	4.4						3321	14.99	27.12	
5	4.5					2-3/В	3243	-	26.03	26.21
6	4.6						3269	-	26.39	
7	4.7					4-5/В	3556	-	30.40	29.15
8	4.8						3378	-	27.91	
9	4.9					1-2/Б	3168	-	24.98	25.29
10	4.10						3213	-	25.61	
11	4.11					2-3/А	3390	17.89	28.08	28.45
12	4.12						3443	-	28.82	
Партия №5. Сборные железобетонные многопустотные плиты										
1	5.1	03.2015 г.	05.2017 г.	более 56 суток	Многопустотные плиты	2-3/В-Г	3150	13.21	22.77	22.89
2	5.2						3168	-	23.00	
3	5.3					3-4/В-Г	3233	-	23.84	23.71
4	5.4						3213	-	23.58	
5	5.5					4-5/В-Г	3378	-	25.70	24.65
6	5.6						3215	15.51	23.61	
7	5.7						3241	-	23.94	23.46
8	5.8						3166	-	22.97	
9	5.9					1-2/Б-В	3243	-	23.97	23.83
10	5.10						3222	-	23.70	
11	5.11					2-3/Б-В	3334	-	25.14	24.92
12	5.12						3301	16.24	24.71	
13	5.13					1-2/А-Б	3242	-	23.96	24.68
14	5.14						3354	-	25.40	
15	5.15					2-3/А-Б	3321	-	24.97	25.07
16	5.16						3336	-	25.16	

gost.e-ecolog.ru