

ООО «НИИ МИГС»
Научно – исследовательский институт мостов
и гидротехнических сооружений

АО «ЦНИИТС»
Центральный научно-исследовательский институт транспортного
строительства

ООО НИЦ «Мосты»
Нормативно-Испытательный Центр «Мосты»

ООО «НИИ диагностики»
Научно – исследовательский институт диагностики

ООО «ЦДСК»
Центр Диагностики Строительных Конструкций

ООО «Институт «Проектмостореконструкция»

ООО «МИП «НИЦ МиС»
«Малое инновационное предприятие
«Научно-Инженерный Центр Мостов и Сооружений»

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Определение прочности бетона обследуемых мостовых конструкций

СТО 10957227- 001 - 2021



Москва, 2021

Предисловие

Цели и задачи разработки, а также использования стандартов организаций в РФ установлены Федеральным законом от 24 декабря 2002г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» с изменениями от 01.05.2007г. и 30.12.2009г., а правила разработки и оформления – ГОСТ Р 1.0-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения» и ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН обществом с ограниченной ответственностью «Научно –исследовательский институт мостов и гидротехнических сооружений», с участием акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт транспортного строительства», обществ с ограниченной ответственностью «Нормативно-Испытательный Центр «Мосты», «Научно – исследовательский институт диагностики», «Центр Диагностики Строительных Конструкций», «Институт «Проектмостореконструкция», «Малое инновационное предприятие «Научно-Инженерный Центр Мостов и Сооружений».

2 РЕКОМЕНДОВАН К ПРИМЕНЕНИЮ по результатам рассмотрения стандарта с участием ООО «НИИ МИГС», АО «ЦНИИТС», ООО НИЦ «Мосты», ООО «НИИ диагностики», ООО «Институт «Проектмостореконструкция», ООО «ЦДСК», ООО «МИП «НИЦ МиС» (протокол НТС при ООО «НИИ МИГС» №1 от 11.02.21).

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказами: ген. директора ООО «НИИ МИГС» № 131 от 12.03.2021 г., ген. директора АО «ЦНИИТС» № ТС-03 от 12.03.21 г., ген. директора ООО НИЦ «Мосты» № № 35 от 12.03.2021 г., ген. директора ООО «НИИ диагностики» № 21-03-10 от 10.03.2021 г., ген. директора ООО «Институт «Проектмостореконструкция» № 4 от 19.03.2021 г., ген. директора ООО «ЦДСК» № №04-03-2021 от 10.03.2021 г., ген. директора ООО «МИП «НИЦ МиС» №1/НИР от 10.03.2021 г.

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ. Стандарт гармонизирован с основными положениями ГОСТ 22690- 15, ГОСТ 18105 – 2018, ГОСТ 17624 – 2012.

Замечания и предложения следует направлять в ООО «НИИ МИГС» по адресу: Россия, 129344, г. Москва, ул. Енисейская, дом 1, строение 1, помещение 255, этаж 2. Тел. +7 (495) 419-28-07; +7(926) 410 -24-74, e-mail:info@nii-migs.ru

Содержание

1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения.....	2
3.1 Термины и определения.....	2
3.2 Обозначения.....	5
3.3 Сокращения	8
4 Общие положения.....	8
5 Обследовательские схемы по определению прочности бетона.....	9
5.1 Выбор обследовательской схемы	10
5.2 Объединение обследуемых конструкций в группы.....	11
5.3 Расположение и количество участков измерений.....	12
6 Расчет прочности бетона обследуемых конструкций.....	17
6.1 Формулы расчета прочности бетона	17
6.2 Обследовательская схема О1.....	19
6.3 Обследовательская схема О2.....	22
6.4 Обследовательская схема О3	23
Приложение А. Методы неразрушающего контроля прочности бетона	25
Приложение Б. Назначение обследовательской схемы определения прочности бетона	27
Приложение В. Пример применения обследовательских схем по определению прочности бетона.....	30
Приложение Г. Комментарии к положениям настоящего стандарта....	39
Библиография.....	43

Введение

Настоящий стандарт «Определение прочности бетона обследуемых мостовых конструкций» разработан в развитие положений СП 79.13330.2012 в целях уточнения и реализации требований по определению прочности бетона при обследованиях железобетонных конструкций мостов, когда невозможен полный прямой доступ к эксплуатируемым конструкциям мостов, необходимый в соответствии с ГОСТ 22690 и ГОСТ 18105.

В настоящем стандарте представлены три обследовательские схемы, которые могут быть использованы для определения прочности бетона при обследованиях мостовых конструкций.

Первая схема ориентирована на случаи, когда полный прямой доступ к мостовым конструкциям невозможен, при этом тип обследований допускает применение такой схемы без дальнейшего использования значений прочности бетона в расчетах.

Вторая и третья схемы содержат рекомендации по применению ГОСТ 22690 и отдельных положений ГОСТ 18105 для обследования мостовых конструкций.

Оценка прочности бетона по 1-ой схеме предусматривает применение только косвенных неразрушающих методов контроля и может быть использована для всех железобетонных конструкций, прошедших выходной контроль с проектным запасом прочности бетона (таблица 7.8 СП 35.13330.2011).

При разработке настоящего стандарта были учтены данные отраслевых нормативных документов и исследовательских работ в этой области [1]–[13].

1 Область применения

Стандарт следует использовать для определения прочности бетона при обследовании железобетонных конструкций мостов, а также других искусственных сооружений транспортного назначения, включая гидротехнические, в которых по условиям их расположения в полном объеме невозможно выполнить измерения, предписанные ГОСТ 22690 и ГОСТ 18105.

К таким сооружениям относятся, например, мосты над реками, ущельями, постройками, а также над железнодорожными путями и автомобильными дорогами, когда устройство подмостей для проведения измерений невозможно.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 10180–2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам

ГОСТ 17624–2012 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности

ГОСТ 18105–2018 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности

ГОСТ 22690–2015 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля

ГОСТ 26633–2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия

ГОСТ 28570–2019 Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций

СП 35.13330.2011 «СНиП 2.05.03-84* Мосты и трубы» (с изменениями № 1, № 2)

СП 46.13330.2012 «СНиП 3.06.04-91 Мосты и трубы» (с изменениями № 1, № 3, № 4)

СП 79.13330.2012 «СНиП 3.06.07-86 Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний» (с изменениями № 1, № 2, № 3, № 4)

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем СТО применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 градуировочная зависимость: Графическая или аналитическая зависимость между косвенной характеристикой прочности и фактической прочностью бетона, определенной разрушающим или прямым неразрушающим методом.

Примечание – См. также 3.1.15 и 3.1.16.

3.1.2 группа элементов: Несколько элементов одного функционального назначения или класса по прочности на сжатие, в которых проводят определение прочности бетона по схеме ОЗ.

3.1.3 единичное значение прочности: Средняя прочность бетона на участке измерения.

3.1.4 единичное измерение: Одно измерение прочности бетона, произведенное на участке измерения, например, один удар склерометра.

3.1.5 класс бетона по прочности на сжатие (класс бетона): Кубиковая прочность бетона на сжатие, выраженная в мегапаскалях, со статистической обеспеченностью 0,95.

3.1.6 конструкция: Совокупность элементов, объединенных в единую конструкцию по функциональному и/или конструктивному признаку для выполнения проектного назначения эксплуатируемого сооружения.

Примечание: К конструкциям относятся, например, «пролетное строение» моста (независимо от числа элементов и пролетов), «опора» моста (независимо от числа опор и/или стоек в каждой опоре), «фундамент» (независимо от количества фундаментов), «тело трубы» (независимо от количества звеньев трубы), «подпорная стенка», «оголовок» и др.

3.1.7 коэффициент совпадения: Коэффициент, рассчитываемый как отношение прочности бетона, определенной прямым неразрушающим методом, к прочности бетона, определенной косвенным неразрушающим методом по универсальной градуировочной зависимости прибора.

3.1.8 неразрушающие методы: Методы измерения прочности бетона путем локального воздействия на бетон конструкции, например, ультразвукового или механического, без существенного повреждения бетона:

- прямые методы (в т.ч. отрыв со скалыванием и скалывание ребра), применяемые по схемам О2 и О3 для определения фактического класса бетона как самостоятельно, так и совместно с косвенными методами для построения частных градуировочных зависимостей или определения коэффициентов совпадения;

- косвенные методы (в т.ч. упругого отскока и ультразвуковой), применяемые как самостоятельно по схеме О1, так и совместно с прямыми методами по схемам О2, О3 для определения фактического класса бетона.

3.1.9

обследование: Исследование технического состояния конструкций, включающее ознакомление с технической документацией, осмотр сооружения, инструментальные измерения, выполняемые с целью оценки уровня потребительских свойств сооружения и выработки рекомендаций по эксплуатации.

[СП 79.13330.2012, пункт 3.10]

3.1.10 обследовательская схема: Совокупность и последовательность основных операций по определению прочности бетона, принимаемая в зависимости от типа обследования мостового сооружения.

3.1.11 остаточное среднеквадратическое отклонение: Среднеквадратическое отклонение универсальной (3.1.15) или частной (3.1.16) градуировочной зависимости, характеризующее погрешность при ее построении.

3.1.12 полный прямой доступ: Условия проведения измерений прочности бетона на всей поверхности эксплуатируемых конструкций с объемами измерений по ГОСТ 18105 при использовании вспомогательных сооружений, подмостей и автомобильной техники.

3.1.13 проектный класс бетона: Класс бетона по прочности, установленный проектом, нормативными документами или указанный в технической документации.

3.1.14 разрушающие методы определения прочности бетона: Методы определения прочности бетона путем испытания на сжатия контрольных образцов, отобранных из обследуемых конструкций по ГОСТ 28570.

3.1.15 универсальная градуировочная зависимость: Градуировочная зависимость прибора, установленная вне обследуемого объекта, в т. ч. путем испытания на сжатие контрольных образцов кубов в лабораторных условиях.

3.1.16 частная градуировочная зависимость: Градуировочная зависимость прибора, устанавливаемая на обследуемом объекте для данного бетона.

3.1.17 **участок измерений:** Участок конструкции или элемента, на котором проводят единичные измерения прочности бетона.

3.1.18 **фактическая прочность бетона:** Средняя прочность бетона, определенная в результате измерений.

3.1.19 **фактический класс бетона:** Класс бетона, рассчитанный по результатам измерений фактической прочности бетона с учётом значения коэффициента вариации на момент обследования конструкции.

3.1.20 **элемент:** Конструктивный элемент в составе конструкции, изготовленный из бетона одного с конструкцией класса и не подлежащий дальнейшему разукрупнению, например балка, плита, стойка опоры, рама, тело массивной опоры, ростверк, свая, больверк, звено водопропускной трубы и т.п.

3.2 Обозначения

В настоящем методическом пособии применены следующие обозначения, используемые при расчетах прочности бетона по обследовательским схемам:

B_p	– проектный класс бетона по прочности на сжатие, МПа;
B_f	– фактический класс бетона по прочности на сжатие, МПа;
i	– участок измерений, шт.;
j	– единичные измерения на участке измерений, шт.;
K_{ci}	– частный коэффициент совпадения (формула 5) на участке измерения i , указанный в неравенствах (Ж.2), (Ж.3) приложения Ж ГОСТ 22690–2015 для схемы О2, доли ед.;
K_c	– общий коэффициент совпадения, вычисляемый по всем участкам измерений i (Ж.1 приложения Ж ГОСТ 22690–2015) для схемы О2, доли ед.;
K_{spi}	– частный коэффициент совпадения используемого прибора и его универсальной градуировочной зависимости на участке

измерения i , принимаемый по результатам предыдущих обследований железобетонных конструкций мостов за последние 12 месяцев для схемы О1, доли ед.;

$K_{сп}$ – общий коэффициент совпадения используемого прибора и универсальной градуировочной зависимости, вычисляемый по ранее известным значениям $K_{спi}$ предыдущих обследований железобетонных конструкций мостов за последние 12 месяцев для схемы О1, доли ед.;

N – количество элементов в составе группы элементов для схемы О3, шт.;

n – количество участков измерений (количество единичных значений прочности бетона), шт.;

$R_{гр}$ – средняя прочность бетона (схема О3). Используется при построении частной градуировочной зависимости и определяется как средняя прочность по участкам измерений методом отрыва со скалыванием или путем испытаний на сжатие контрольных образцов, МПа;

R_i – средняя прочность бетона на i -м участке (единичное значение) одиночного элемента или конструкции, определенная по результатам измерений косвенным методом, МПа;

R_{ik} – средняя прочность бетона i -го элемента в группе из N элементов, определенная по результатам измерений косвенным методом для схемы О3, МПа;

R_m – средняя прочность бетона элемента или конструкции, определенная косвенным методом по всем участкам измерений i , МПа;

R_{mk} – средняя прочность бетона группы элементов для схемы О3, МПа;

$R_{пр}, R_{косв}$ – значение прочности бетона, измеренное соответственно

	прямым и косвенным методами, МПа;
r	– коэффициент корреляции градуировочной зависимости, доли ед. (Е.3 приложения Е ГОСТ 22690–2015);
S_m	– среднеквадратическое отклонение прочности бетона в элементе или в конструкции, характеризующее фактический разброс значений прочности бетона, МПа;
S_{kc}	– среднеквадратическое отклонение общего коэффициента совпадения прочности бетона $K_{сп}$, характеризующее разброс значений частных коэффициентов совпадения $K_{спi}$ по участкам измерений i , полученных по результатам обследований железобетонных конструкций мостов за последние 12 месяцев (схема О1);
$S_{кп}$	– среднеквадратическое отклонение коэффициента совпадения (схема О2);
$S_{Т.Н.М}$	– остаточное среднеквадратическое отклонение градуировочной зависимости, характеризующее погрешность при ее построении, МПа (Е.7 приложения Е ГОСТ 22690–2015);
$S_{Т.Р.М}$	– среднеквадратическое отклонение, характеризующее погрешность прямого метода, использованного при построении градуировочной зависимости (соответствует S_4 пункта 5.3 ГОСТ 18105–2018), МПа;
V_m	– коэффициент вариации прочности бетона элемента или конструкции, или группы элементов, %;
V_{kc}	– коэффициент вариации общего коэффициента совпадения $K_{сп}$ для схемы О1, %;
V_{rmax}	– максимально допустимый коэффициент вариации единичных значений прочности бетона;
W_m	– размах (разность между наибольшим и наименьшим значе-

ниями) значений прочности бетона R_i или частных коэффициентов совпадений $K_{спi}$ для схем О1 и О2, МПа;

α – коэффициент, таблица 6.2

3.3 Сокращения

В настоящем методическом пособии применены следующие сокращения:

- УЗМ – ультразвуковой метод определения прочности бетона;
- УПО – метод упругого отскока определения прочности бетона;
- ОТС – метод отрыва со скалыванием определения прочности бетона.

4 Общие положения

4.1 Определение прочности бетона при обследованиях мостовых железобетонных конструкций следует проводить с использованием неразрушающих методов контроля (приложение А), а также основных положений ГОСТ 22690 при учете отдельных указаний ГОСТ 18105 и в соответствии с обследовательскими схемами, обозначаемыми литерой «О» (далее – схемы «О»).

4.2 Схемы «О» содержат требования:

- по выбору рационального состава и объема измерительных работ для различных типов обследований мостовых сооружений;
- объединению элементов моста в единые конструкции с назначением оптимального количества и мест расположения участков измерений на конкретных типах конструкций;
- к местоположению и состоянию участков измерений;
- к рациональной области применения косвенного и прямого неразрушающих методов контроля прочности бетона, выбору оборудования и требования к технологии проведения измерений;
- к алгоритмам расчета прочности бетона для выбранной схемы.

Примечание – Комментарии к п.4.2 и другим положениям настоящего методического пособия приведены в приложении Г.

4.3 СТО предусматривает повышение статуса схем от О1 к О3 и далее к испытаниям на сжатие образцов, отобранных из бетона по ГОСТ 28570, если получаемый при испытаниях уровень прочности бетона на предыдущем этапе окажется ниже проектного.

4.4 Определение прочности бетона по схеме О3, а также с использованием разрушающего метода, связанного с изъятием образцов из конструкции по ГОСТ 28570, необходимо проводить по отдельной смете, учитывающей возможное применение автомобильной техники и фактическую трудоемкость работ [1].

4.5 В случае применения схем О2, О3 рекомендуется учитывать отложенные затраты эксплуатирующей организации на восстановление поврежденного отрывами защитного слоя бетона, что потребует выполнения ремонтных работ в теплое время года и кратковременного закрытия движения над ремонтируемыми зонами конструкций.

4.6 В техническом задании на проведение обследований железобетонных конструкций мостового сооружения рекомендуется указывать тип обследовательской схемы.

4.7 Применяемые при измерениях прочности бетона приборы должны быть аттестованы, сертифицированы и поверены.

5. Обследовательские схемы по определению прочности бетона

5.1 Выбор обследовательской схемы определения прочности бетона

5.1.1 Номер схемы «О» назначают в соответствии с девятью типами обследований мостов, указанных в [1] с учётом степени доступности конструкций, необходимой точности определения прочности бетона, целей и трудозатрат на проведение обследовательских работ, а также от характера и полноты требуемой заказчиком отчетной информации (приложение Б).

5.1.2 Схема О1 применяется для конструкций, полный прямой доступ к которым отсутствует. Схема предназначена для получения информации о соответствии фактического класса бетона по прочности V_f проектному классу

$B_{пр}$ обследуемой конструкции по результатам испытаний прочности бетона на участках измерений с применением только косвенных методов неразрушающего контроля.

5.1.3 Полученные по схеме О1 значения прочности бетона не предусматривают их дальнейшего использования в расчетах фактической несущей способности сооружения, а также в проектах ремонта и реконструкции мостов.

5.1.4 Последовательность работ по проведению измерений по схеме О1 состоит в следующем:

- проводят разметку участков измерений на элементах обследуемых конструкций;
- проводят измерения прочности бетона на участках измерений косвенным методом с учетом отбраковки единичных измерений.

5.1.5 Схема О2 предназначена для определения фактического класса бетона B_f путём привязки значений прочности бетона, полученных косвенным методом по универсальной градуировочной зависимости к значениям прочности бетона, полученным прямым методом контроля прочности с использованием коэффициентов совпадения K_c .

5.1.6 Определенный по схеме О2 фактический класс бетона может быть использован для расчетов усиления и реконструкции железобетонных конструкций мостов.

5.1.7 Последовательность работ по проведению измерений по схеме О2 состоит в следующем:

- проводят разметку участков измерений на элементах в составе конструкций, например, «пролетное строение», «опора» и др.;
- проводят измерения прочности бетона на намеченных участках измерений косвенным и прямым методами контроля с отбраковкой единичных измерений прочности бетона.

5.1.8 Схема ОЗ предназначена для определения фактического класса бетона B_{ϕ} отдельного элемента или конструкции с использованием коэффициента вариации V_m и построенной частной градуировочной зависимости для данного бетона. Универсальная градуировочная зависимость прибора по этой схеме не используется.

5.1.9 Схема ОЗ соответствует основным расчетным положениям схемы «В» ГОСТ 18105 и рекомендуется для определения фактического класса бетона, используемого в проектах, а также в случаях возникновения нештатных или спорных ситуаций в процессе строительства или эксплуатации сооружения, когда требуется получить максимально точные сведения о прочности бетона данного конструктивного элемента.

5.1.10 Последовательность работ по проведению измерений по схеме ОЗ состоит в следующем:

- проводят измерение прочности бетона косвенными методами (например, УЗМ или УПО) не менее чем на 20 назначенных участках измерений в данной группе элементов;

- проводят измерение прочности бетона прямыми (например, ОТС) и косвенными методами не менее чем на 12 выделенных участках в данной группе элементов.

5.2 Объединение обследуемых конструкций в группы

5.2.1 Схемами О1, О2 предусмотрено объединение входящих в состав конструкции моста отдельных элементов по функциональному назначению в единые конструкции, например, всех балок в конструкцию – «пролетное строение», всех опор – в единую конструкцию «опора», всех фундаментов – в единую конструкцию «фундамент» и др. с последующим определением в них прочности бетона.

5.2.2 Для схемы ОЗ объединение в группы производится, например, для:

- отдельных типов железобетонных элементов, например, балок (плит), входящих в состав пролетного строения или стоек (ригелей) в составе опор;

- коробчатых пролетных строений в качестве одного элемента принимается одна балка в одном пролете;

- стоек опор.

5.2.3 Для определения прочности бетона железобетонных конструкций и конструктивных элементов обследуемого моста допускается использовать одну градировочную зависимость.

5.3 Расположение и количество участков измерений

Общие требования к участкам измерений

5.3.1 Расположение участков измерений на обследуемых мостовых железобетонных конструкциях рекомендуется назначать с учетом доступности мест измерений, минимального уровня напряженно-деформированного состояния бетона на участке проведения измерений, а также местоположения арматуры в зоне измерений.

5.3.2 Для пролетных строений участки измерений рекомендуется располагать на нескольких балках в зоне опирания балок на устои на расстоянии не менее 50 см от оси опирания. Допускается в случаях затрудненного доступа к серединным балкам пролетного строения на устоях назначать участки измерений на стенках и плитах крайних балок вблизи зон опирания.

5.3.3 Размеры участков измерений рекомендуется принимать около 10×10 см для всех методов определения прочности бетона, за исключением отрыва со скалыванием. Для отрыва со скалыванием рекомендуемый минимальный линейный размер участка измерений назначается равным $5h + 30$ см (h – глубина заделки анкера).

5.3.4 При проведении измерений прочности бетона следует выполнять основные требования ГОСТ 22690, ГОСТ17624, представленные в таблице 5.1.

Таблица 5.1–Требования к участкам и количеству измерений по ГОСТ 22690, ГОСТ 17624

Наименование метода (пункт 4.3 ГОСТ 22690–2015, приложение А настоящего СТО)	Расчетное после отбраковки минимальное число измерений на участке, шт.	Минимальное расстояние между местами измерений на участке, мм	Минимальное расстояние от края конструкции до места измерения, мм	Минимальная толщина конструкции в месте измерений, мм
Упругий отскок	9*	30	50	100
Ударный импульс	10*	15	50	50
Пластическая деформация	5	30	50	70
Скалывание ребра	2	200	–	170
Отрыв дисков	1	2 диаметра диска отрыва	50	50
Отрыв со скалыванием при рабочей глубине заделки анкера h				
$h \geq 40\text{мм}$	1	$5h$	150	$2h$
$h < 40\text{мм}$	2**			
Ультразвуковой метод				
Поверхностное, сквозное прозвучивание***	2	–	30	–
<p>*При количестве участков измерений на конструкции более шести для схемы О1 допускается получать пять расчетных значений измерений на участке.</p> <p>** Допускается проводить одно измерение при согласовании с проектной организацией или заказчиком работ.</p> <p>*** Прозвучивание осуществляется в направлении, перпендикулярном направлению рабочей арматуры.</p>				

5.3.5 На каждом участке измерений следует проводить отбраковку отдельных значений результатов измерений в том случае, когда их отклонение от среднего значения превышает:

- $\pm 10\%$ для всех методов испытаний, за исключением УЗМ;

- $\pm 2\%$ для УЗМ;

- для метода ОТС единичные измерения дополнительно отбраковываются, если наибольший и наименьший размеры вырванной части поверхности бетона, считая от анкерного устройства до границ разрушения, отличаются более чем в два раза (измерения проводят линейкой), а также, если глубина воронки вырыва анкера (допускается фиксировать по показаниям индикатора прибора) отличается за счет проскальзывания анкера от глубины заделки анкерного устройства более чем на 5 %.

5.3.6 Бетон на участке измерений должен быть без трещин, отслоений, обнажения крупного заполнителя, пыли, цементного молока и видимых следов влаги. В необходимых случаях следует проводить зачистку поверхности мест измерений наждачным камнем.

5.3.7 Для метода УЗМ в зоне контакта ультразвуковых преобразователей с поверхностью бетона не должно быть раковин и воздушных пор глубиной более 3 мм и диаметром более 6 мм, а также выступов более 0,5 мм (ГОСТ 17624).

Количество участков измерений для обследовательских схем

5.3.8 Общее количество участков измерений n для схем О1, О2 должно быть не менее:

- трех участков для конструкций типа «пролетное строение» и «опора» при общей длине пролетного строения до 75 м и количестве опор до 5 шт.;

- шести участков на конструкции типа «пролетное строение» и «опора» при общей длине пролетного строения более 75 м и количестве опор более 5 шт.;

- трех участков в каждом пролете одной железобетонной коробчатой балки или в каждом пролете плиты сталежелезобетонного пролетного строения и шести участков для конструкций типа «опора» таких мостов;

- одного участка на 20 м² площади плоских конструкций типов «подпорная стенка», «фундаментная плита» и др. при общем расчетном количестве участков измерений на конструкцию не менее трех;

- одного участка на 10 пог.м протяженных конструкций типа «водопроникающая труба», «оголовок бойверка» и др. при общем расчетном количестве участков измерений на конструкцию или конструктивный элемент не менее трех.

5.3.9 При измерениях прочности бетона прямым неразрушающим методом по схеме О2 количество участков измерений должно быть не менее трех на каждую обследуемую конструкцию типа «пролетное строение», «опора» и др.

5.3.10 Для конструкции, в которой проведены измерения прочности бетона прямым методом, допускается не проводить определение прочности бетона косвенным методом, если по условиям проведения обследований не требуется определять прочность бетона в других конструкциях сооружения.

В этом случае средняя прочность бетона конструкции рассчитывается как средняя по результатам измерений прямым методом.

5.3.11 Для схемы О3 количество участков измерений и их расположение назначают в соответствии со следующими требованиями:

- для определения прочности бетона группы элементов, например, в составе «пролетного строения» или «опоры» назначается не менее 10% или не менее 12 единиц из общего количества элементов в данной группе;

- при меньшем, чем 12 количестве элементов в группе, в т.ч. для одного элемента, определение прочности бетона проводят на фактическом количестве элементов;

- общее количество участков измерений i на всех назначенных для измерения прочности элементах, а также в случае испытания одного элемента должно быть не менее 20 участков;

- на всей длине каждого из назначенных для измерения прочности горизонтального и/или вертикального линейного элемента (например, балки, ригели, стойки) проводят разметку участков измерений, которые должны располагаться на расстояниях не менее одного участка на 4,0 пог.м по длине элемента, но не менее трех на один элемент;

- для назначенных для измерения прочности плоских элементов, например, шкафных стенках устоев, монолитных плитах проезжей части участка измерений должны располагаться на расстояниях не менее одного участка на 20 м² поверхности плоского элемента.

6 Расчет прочности бетона обследуемых конструкций

6.1 Формулы расчета прочности бетона

6.1.1 Среднюю прочность бетона R_m , R_{mk} определяют по формулам:

- для одиночного элемента или конструкции как среднее значение прочности по участкам измерений n :

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}; \quad (1)$$

- для группы элементов как среднее значение прочности по элементам N :

$$R_{mk} = \frac{\sum_{i=1}^N R_{ik}}{N}. \quad (2)$$

6.1.2 Общий коэффициент совпадения K_c для схемы О2 для элемента или конструкции вычисляют по всем участкам измерений n по формуле

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^n K_{ci}}{n}. \quad (3)$$

6.1.3 Общий коэффициент совпадения $K_{сп}$ применяемого прибора без универсальной градуировочной зависимости для схемы О1 вычисляют по ранее известным значениям частных коэффициентов совпадения K_{ci} за последние 12 месяцев обследований железобетонных мостов по формуле

$$K_{\text{сп}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{\text{сп}i}}{n}. \quad (4)$$

6.1.4 Частные коэффициенты совпадения K_{ci} и (или) $K_{\text{сп}i}$ на i -м участке вычисляют по формуле

$$K_{ci} = \frac{R_{\text{нр}i}}{R_{\text{косв}i}}. \quad (5)$$

Значения частных коэффициентов совпадения должны соответствовать требованиям:

- каждый частный коэффициент совпадения K_{ci} и (или) $K_{\text{сп}i}$ на i -м участке измерения должен удовлетворять неравенству:

$$0,7 \leq K_{ci} (K_{\text{сп}i}) \leq 1,3; \quad (6)$$

- каждый частный коэффициент совпадения K_{ci} и (или) $K_{\text{сп}i}$ на i -м участке измерения не должен отличаться от значения общего коэффициента совпадения K_c и (или) $K_{\text{сп}}$ более чем на $\pm 15\%$:

$$0,85 \times K_c \leq K_{ci} (K_{\text{сп}i}) \leq 1,15 \times K_c \quad (7)$$

6.1.5 Коэффициент вариации прочности бетона V_m рассчитывают по формуле

$$V_m = \frac{S_m}{R_m}. \quad (8)$$

6.1.6 Коэффициент вариации общего коэффициента совпадения $V_{\text{кс}}$ за предшествующие данным обследованиям 12 месяцев рассчитывают по формуле

$$V_{\text{кс}} = \frac{S_{\text{кс}}}{K_{\text{сп}}}. \quad (9)$$

6.1.7 Среднеквадратическое отклонение прочности бетона S_m в элементе или конструкции рассчитывают по формуле

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_m)^2}{n-1}}. \quad (10)$$

6.1.8 Среднеквадратическое отклонение коэффициента совпадения $S_{\text{кп}}$ при количестве значений частных коэффициентов совпадения $K_{\text{сп}i} > 10$ рассчитывают по формуле

$$S_{\text{кп}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_{\text{сп}i} - K_{\text{сп}})^2}{n-1}}. \quad (11)$$

6.1.9 Для схемы ОЗ среднеквадратическое отклонение прочности бетона S_m в конструкции определяют по формуле

$$S_m = \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_m)^2}{n-1} + \frac{\sqrt{S_{\text{Т.Н.М}}^2 + S_{\text{Т.Р.М}}^2}}{\sqrt{n-1}}} \right) \cdot \frac{1}{0,7r + 0,3}. \quad (12)$$

Построенная для данного объекта частная градуировочная зависимость прибора должна удовлетворять условиям $S_{\text{Т.Н.М}}/R_{\text{гр}} < 0,15$ и $r > 0,7$ ГОСТ 22690 – 2015 (Е.5 приложение Е), где значение $S_{\text{Т.Р.М}}$ в долях от средней прочности бетона участков $R_{\text{гр}}$, использованных при построении градуировочной зависимости, принимают равным:

- для метода отрыва со скалыванием по таблице 6.1;
- для разрушающих методов $S_{\text{Т.Р.М}} = 0,02 \cdot R_{\text{гр}}$ средней прочности испытанных образцов.

Таблица 6.1– Значение $S_{\text{Т.Р.М}}$ для метода отрыва со скалыванием

Глубина заделки анкера, мм	48	35	30	20
Среднеквадратическое отклонение $S_{\text{Т.Р.М}}$, характеризующее погрешность метода ОТС, использованного при построении градуировочной зависимости, МПа	$0,04R_{\text{гр}}$	$0,05R_{\text{гр}}$	$0,06R_{\text{гр}}$	$0,07R_{\text{гр}}$

6.1.10 Фактический класс бетона B_{ϕ} конструкции, определяемый в результате обследований, рассчитывают по формуле

$$B_{\phi} = R_m (1 - 1,64 \cdot V_m) \quad (13)$$

6.2 Обследовательская схема О1

6.2.1 Определение прочности бетона R_m по схеме О1 проводят косвенным методом контроля с использованием прибора, имеющего универсальную градуировочную зависимость.

Универсальная градуировочная зависимость может быть установлена заводом–изготовителем в документации на прибор или обследовательской организацией в процессе эксплуатации прибора в соответствии с р. 6.2 ГОСТ 22690-2015.

6.2.2 Применение по схеме О1 прибора, не имеющего установленной универсальной градуировочной зависимости производится с использованием общего коэффициента совпадения $K_{сп}$, полученного по результатам предыдущих обследований железобетонных конструкций мостов за последние 12 месяцев.

6.2.3 Для оценки достоверности значения $K_{сп}$ вычисляют коэффициент вариации $V_{кс}$ этого коэффициента по значениям частных коэффициентов совпадения $K_{спi}$ на участках измерений n по формулам (4), (9), (11).

Допускается для $n \leq 8$ значения $V_{кс}$ определять по формуле

$$V_{кс} = \frac{W_m}{\alpha \cdot K_{сп}} \cdot 100, \quad (14)$$

где коэффициент α – принимают по таблице 6.2.

6.2.4 Значение $V_{кс}$ должно быть меньше максимально допустимого значения V_{rmax} , указанного в таблице 6.2, и удовлетворять условию

$$V_{кс} < V_{rmax}. \quad (15)$$

Т а б л и ц а 6.2–Максимально допустимые значения коэффициента вариации $V_{r\max}$

Кол-во участ- ков n	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30
Коэффициент α	1,69	2,06	2,33	2,53	2,70	2,84				
Максимально допустимый коэффициент вариации* $V_{r\max, \%}$	4,0	5,0	6,0	6,5	7,0	7,5	7,8	8,0	10,0	12,0
* Промежуточные значения $V_{r\max}$ для количества участков $n > 10$ принимают по интерполяции.										

6.2.5 В случае если значение коэффициента вариации $V_{\text{кв}}$ превышает максимально допустимые значения $V_{r\max}$, т.е. $V_{\text{кв}} > V_{r\max}$, необходимо провести отбраковку отдельных значений K_{ci} и (или) увеличить количество измерений, в т.ч. за счет проведения испытаний прочности на бетонных образцах в лабораторных условиях с последующим пересчетом значения общего коэффициента совпадения $K_{\text{сп}}$ по формуле (4).

Как крайнюю меру, следует провести внеплановую поверку применяемого прибора.

6.2.6 Среднюю прочность бетона обследуемой конструкции R_m , определяемую по всем участкам измерений косвенными методами рассчитывают по формулам для приборов:

- с универсальной градуировочной зависимостью

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}. \quad (16)$$

- без универсальной градуировочной зависимости

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \cdot K_{\text{сп}}. \quad (17)$$

6.2.7 Фактический класс бетона по прочности B_{ϕ} обследуемой железобетонной конструкции определяют по формуле (18) и сравнивают (см. формулу (19)) с проектным значением класса бетона $B_{п}$:

$$B_{\phi} = 0,8 \cdot R_m, \quad (18)$$

$$B_{п} \leq B_{\phi}. \quad (19)$$

На основании анализа неравенства (19) делают вывод о сохранении уровня проектной прочности бетона обследуемой железобетонной конструкции.

6.2.8 Допускается проводить оценку класса бетона B_{ϕ} косвенным методом с применением универсальной градуировочной зависимости прибора и её статистических характеристик по формулам (1), (8), (12), (13) с использованием значений прочности бетона R_m, R_i на не менее чем 12 участках измерений.

6.2.9 При использовании универсальной градуировочной зависимости прибора, установленной на заводе-изготовителе, но без указанных статистических характеристик, допускается вычислять среднеквадратическое отклонение S_m по единичным значениям прочности бетона R_i , полученным на не менее чем 12 участках измерений по формуле

$$S_m = \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_m)^2}{n-1}} + \frac{0,15 \cdot R_m}{\sqrt{n-1}} \right) \cdot 1,27. \quad (20)$$

6.2.10 Пример определения прочности бетона железобетонного пролетного строения моста по схеме О1 приведен в приложении В.

6.3 Обследовательская схема О2

6.3.1 Определение прочности бетона по схеме О2 следует проводить с использованием единичных значений прочности R_i , полученных косвенным методом и коэффициентов совпадений K_c .

6.3.2 При расчетах класса бетона по схеме О2 следует принимать только те единичные значения прочности бетона R_i , при которых коэффициент вариации V_m таких единичных значений не выше максимально допустимого уровня $V_{r\max}$, приведенного в таблице 6.2, т.е. $V_m \leq V_{r\max}$.

В необходимых случаях следует провести отбраковку и (или) увеличить количество участков измерений или, в крайнем случае, провести внеплановую поверку применяемого прибора.

6.3.3 Коэффициент вариации V_m единичных значений R_i по участкам измерений n рассчитывают по следующим формулам:

- $n \leq 8$ с учетом коэффициента α (таблица 6.2) по формуле

$$V_m = \frac{W_m}{\alpha \cdot R_m} \cdot 100; \quad (21)$$

- $n > 8$ по формуле (8).

6.3.4 На участках, где проведены измерения прочности бетона прямым и косвенным методами, определяют значения коэффициента совпадения K_c по формуле (3).

6.3.5 Допускается использовать единое значение коэффициента совпадения K_c для всех конструкций обследуемого сооружения. Например, коэффициент совпадения, полученный по результатам определения прочности бетона на конструкции «опора», допускается использовать при расчете прочности бетона конструкции «пролетное строение».

6.3.6 Определение значений коэффициента совпадения K_c по результатам испытаний образцов, извлеченных из конструкции (ГОСТ 28570), должно проводиться по отдельному договору на проведение таких работ.

6.3.7 Расчет средней прочности бетона конструкции R_m проводят по всем участкам измерений n путем умножения средней величины единичных значений прочности бетона R_i , полученных косвенным методом по универсальной градуировочной зависимости прибора, на коэффициент совпадения K_c по формуле

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \cdot K_c. \quad (22)$$

6.3.8 Определяют фактический класс бетона конструкции B_ϕ по формуле

$$B_\phi = 0,8 \cdot R_m. \quad (23)$$

6.3.9 Проводят оценку соответствия фактического класса бетона B_ϕ проектному классу B_n по неравенству

$$B_n \leq B_\phi. \quad (24)$$

6.3.10 Пример определения прочности бетона железобетонного пролетного строения моста по схеме О2 приведен в приложении В.

6.4 Обследовательская схема ОЗ

6.4.1 По результатам измерений прочности бетона прямыми и косвенными методами на 12 выделенных участках конструкции проводят расчет и построение частной градуировочной зависимости для прибора, реализующего косвенный метод применительно к бетону данной группы объектов (Приложения Е ГОСТ 22690–2015).

6.4.2 С использованием построенной частной градуировочной зависимости проводят определение единичных значений прочности бетона R_i на всех участках измерений n (не менее 20) данной группы элементов.

6.4.3 Определяют средние прочности бетона R_{ik} каждого элемента и затем среднюю прочность бетона всей группы элементов R_{mk} по формуле (2).

6.4.4 Определяют среднеквадратическое отклонение S_m по формуле (12) и коэффициент вариации V_m по формуле (8) по всем участкам измерений, расположенным на N элементах данной группы.

6.4.5 Определяется фактический класс бетона B_ϕ всей группы в количестве N элементов по формуле (13), где R_m принимают как среднюю прочность бетона всей группы элементов.

6.4.6 Проводят анализ соответствия фактического класса бетона B_ϕ всей группы элементов N и средней прочности бетона отдельных элементов $R_{\phi i}$ на выполнение следующих условий:

$$B_{п} \leq B_{ф} \text{ и } R_{фi} \geq B_{п}. \quad (25)$$

6.4.7 В случае выполнения условий (25) группа из N элементов, образующих конструкцию, например, «пролетное строение», «опора» и др., считается принятой по прочности бетона в целом.

6.4.8 Если техническим заданием на выполнение обследовательских работ установлено определение фактического класса бетона каждого одиночного элемента $B_{фi}$ в составе группы из N элементов, то значение $B_{фi}$ определяют по формуле (13) для каждого элемента с использованием значений V_m и $R_{фi}$ для данного элемента, а затем проводят сравнение значения $B_{фi}$ с проектным классом по неравенству $B_{п} \leq B_{фi}$.

6.4.9 Если фактический класс бетона одиночного элемента $B_{фi}$ оказался меньше проектного класса $B_{п}$, то такой элемент рекомендуется подвергнуть последующей проверке прочности бетона путем испытаний на сжатие образцов, отобранных из элемента по ГОСТ 28570.

6.4.10 Примеры построения и расчета параметров градуировочной зависимости, а также определения прочности бетона, соответствующие схеме ОЗ, приведены в приложении Е ГОСТ 22690–2015, а также в [3].

6.4.11 При использовании методов прямого и разрушающего контроля прочности бетона работы по восстановлению целостности конструкций (прочности и долговечности) выполняются силами заказчика обследовательских работ.

Приложение А

Методы неразрушающего контроля прочности бетона

Т а б л и ц а А.1 – Косвенные методы неразрушающего контроля*

Метод (прибор)	Описание	Плюсы	Минусы
Ударного импульса (ИПС, ОНИКС и др.)	Регистрация энергии, которая появляется при соударении бойка с поверхностью бетона	Компактность оборудования. Простота применения прибора измерения	Сравнительно невысокая точность измерений
Упругого отскока (молоток Шмидта или склерометр и др.)	Измерение величины обратного отскока бойка при его ударе о поверхность бетона	Простота и оперативность проведения измерений	Дополнительные требования к качеству поверхности участков измерений. Прибор требует частой поверки
Пластической деформации (молоток Кашкарова)	Измерение отпечатка, оставшегося на бетоне при ударе металлическим шариком. Метод устаревший, но часто используемый	Доступность оборудования. Простота измерений	Невысокая точность результатов. Трудоемкость обработки результатов измерений
Ультразвуковой метод (приборы марок «Бетон», «Пульсар», УКС и др.)	Измерение скорости колебаний ультразвука, проходящего сквозь бетон	Пониженная трудоемкость при проведении массовых измерений. Учет прочности глубинных слоев конструкции	Повышенные требования к качеству поверхности. Повышенные требования к квалификации оператора

* В основу настоящего приложения положены данные ООО НТЦ «Эксперт».

Т а б л и ц а А.2 – Прямые методы неразрушающего контроля

Метод (прибор)	Описание	Плюсы	Минусы
Отрыв дисков	Регистрация усилия при разрушении бетона при отрыве от его поверхности металлического диска. В настоящее время применяется редко	Применяется для густоармированных конструкций	Большая трудоемкость, связанная с наклейкой дисков на поверхность бетона. Применение при относительно высоких температурах, необходимых для полимеризации клея
Отрыв со скалыванием (ПИБ, ПОС, ОНИКС и их модификации)	Определение усилия, которое требуется для локального разрушения бетона при вырыве из тела бетона стандартного анкера	Высокая точность. Не требует построения частных градуировочных зависимостей, как для косвенных методов. Наличие стандартных градуировочных зависимостей «усилие отрыва – прочность бетона», зафиксированных ГОСТ 22690. Применение в качестве самостоятельного метода определения прочности	Повышенная трудоемкость, связанная с установкой анкера. Локальное разрушение защитного слоя бетона, требующее ремонта. Невозможность использовать для густоармированных сооружений и сооружений с тонкими стенами
Скалывание ребра (ПОС 50 МГ4 «Сокол» и его модификации)	Определение усилия, которое требуется для скола бетона в углу конструкции. Метод применяется для определения прочности линейных сооружений: свай, стоек квадратного сечения, балок	Простота использования и пониженная по сравнению с методом отрыва со скалыванием трудоемкость. Отсутствие предварительной подготовки измерений. Не требует построения частных градуировочных зависимостей, как для косвенных методов	Неприменим: - при толщине защитного слоя бетона меньше 2 см или его существенном повреждении; - для плоских и цилиндрических конструкций

Приложение Б

Назначение обследовательской схемы определения прочности бетона

Таблица Б.1 – Основные типы обследований и обследовательские схемы «О»

№ п/п	Наименование и описание типов обследования по [1]	Обследовательская схема
1	<p><u>Периодическая диагностика эксплуатируемых мостовых сооружений.</u></p> <p>Проводится через установленные промежутки времени (средняя периодичность – один раз в пять лет) в целях выявления их состояния, проверки соответствия сооружений установленным требованиям и внесения изменений в банк данных.</p> <p>Отчетная документация – технический паспорт мостового сооружения</p>	О1
2	<p><u>Первичная диагностика новых (вновь построенных) или после реконструкции сооружений перед вводом в эксплуатацию.</u></p> <p>Проводится в целях установления соответствия сооружения утвержденному проекту, качеству работ по СП 46.13330 и внесения параметров нового сооружения в банк данных.</p> <p>Отчетная документация – первичный технический паспорт мостового сооружения</p>	О1
3	<p><u>Диагностика мостовых сооружений после проведения капитального ремонта.</u></p> <p>Проводится в целях установления соответствия выполненных работ проекту и качеству работ по СП 46.13330 и внесения параметров отремонтированного сооружения в банке данных.</p> <p>Отчетная документация – технический паспорт мостового сооружения</p>	О1
4	<p><u>Диагностика мостовых сооружений после проведения ремонта.</u></p> <p>Проводится в целях уточнения технического состояния сооружения после выполнения ремонтных работ, внесения этих уточнений в банк данных и корректировки технического паспорта.</p> <p>Отчетная документация – уточнения в техническом паспорте мостового сооружения</p>	О1

Продолжение таблицы Б.1

№ п/п	Наименование и описание типов обследования по [1]	Обсле- дательская схема
5	<p><u>Периодическое обследование мостовых сооружений.</u></p> <p>Проводится через установленные промежутки времени (средняя периодичность – один раз в 10 лет, а для деревянных мостов – один раз в пять лет). Мостовые сооружения, находящиеся в неудовлетворительном состоянии, до начала восстановительных работ необходимо обследовать ежегодно. Основными задачами регулярно осуществляемых периодических обследований эксплуатируемых мостовых сооружений являются оценка, контроль их состояния и проверка его соответствия установленным требованиям. Данный вид обследования может сопровождаться проведением полных или частичных испытаний.</p> <p>Отчетная документация – отчет о результатах обследования и технический паспорт мостового сооружения</p>	O1, O2*
6	<p><u>Первичное обследование новых (вновь построенных) или после реконструкции сооружений перед вводом в эксплуатацию.</u></p> <p>Данный вид обследования применяется в основном для больших и внеклассных мостовых сооружений. Проводится в целях установления соответствия сооружения утвержденному проекту, качеству работ по СП 46.13330. По требованию проектной организации или территориального органа управления сооружение может быть испытано, как это предусмотрено СП 79.13330.</p> <p>Отчетная документация – отчет о результатах обследования и первичный технический паспорт мостового сооружения</p>	O1, O2*
7	<p><u>Обследование мостовых сооружений после проведения ремонта, капитального ремонта.</u></p> <p>Данный вид обследования применяется в основном для больших и внеклассных мостовых сооружений и может сопровождаться проведением испытаний.</p> <p>Отчетная документация – отчет о результатах обследования и дополненный или исправленный технический паспорт мостового сооружения</p>	O1, O2*

Окончание таблицы Б.1

№ п/п	Наименование и описание типов обследования по [1]	Обследовательская схема
8	<p><u>Предпроектное обследование.</u></p> <p>Обязательный вид обследования перед составлением технического задания на проектирование ремонта, капитального ремонта или реконструкции мостового сооружения, проводимый в целях определения ремонтпригодности его элементов и сбора необходимой информации для разработки проекта, принятия правильной стратегии по модернизации сооружения. Данный вид обследования может сопровождаться проведением полных или частичных испытаний.</p> <p>При необходимости по техническому заданию заказчика в процессе предпроектного обследования могут выполняться геологические изыскания, подводные обследования, углубленное исследование конструкционных материалов и другие узкоспециализированные работы, стоимость которых определяется отдельными расчетами или договорной ценой отдельных контрактов.</p> <p>Отчетная документация – отчет о предпроектном обследовании.</p>	O1, O2*
9	<p><u>Специальные внеплановые обследования, неполные обследования.</u></p> <p>Необходимость проведения, цели, задачи внеплановых и неполных обследований устанавливаются индивидуально для каждого конкретного сооружения для решения специальных вопросов, например, в целях уточнения расчетной грузоподъемности, обследования аварийных конструкций, обследования при организации пропуска сверхнормативных нагрузок по сооружению для определения возможности и условий их проезда и выявления повреждений после их прохода и т.д. Отчетная документация – заключение либо отчет о результатах обследования</p>	O1, O2*, O3*
<p>* Определение прочности бетона с применением метода отрыва со скалыванием по схемам O2, O3 следует проводить с учетом фактической трудоемкости, объема измерений, а также затрат на использование автомобильных подъемников (вышек) и проведение заказчиком последующих ремонтных работ ([1, раздел 5]).</p>		

Приложение В

Пример применения обследовательских схем по определению прочности бетона

В.1 Обследовательская схема О1 для прибора без градуировочной зависимости

В.1.1 Исходные данные

Автодорожный мост введен в эксплуатацию в 1997 году. Сооружение рассчитано под временные нормативные нагрузки А11 и НК-80.

Статическая система пролетного строения – балочная, температурно-неразрезная. Разбивка на пролеты: 12,0+18,0+12,0 м. Полная длина пролетного строения – 42,0 м. Габарит проезжей части по ширине – Г-12,6 м.

Пролетное строение выполнено по типовому проекту [12]. В каждом пролете моста в поперечном сечении установлены девять железобетонных ребристых балок с каркасной арматурой. Высота балок – 0,9 м и 1,05 м, толщина плиты проезжей части – 0,15 м, толщина ребра – 0,16 м.

Проектный класс бетона – В25.

Задача – определить прочность бетона пролетного строения железобетонного моста в процессе обследований с использованием косвенного метода контроля прочности бетона.

В.1.2 Значения общего коэффициента совпадения прибора за период 12 месяцев до начала обследований

За период 12 месяцев, предшествующий настоящим обследованиям, измерения прочности бетона склерометром совместно с прибором «отрыв со скалыванием» бетона применяли шесть раз.

Значения частных коэффициентов совпадения K_{cni} на i -х участках измерений ранее обследованных конструкций приведены в таблице В.1.

Таблица В.1 – Частные коэффициенты совпадения за предшествующие обследованиям 12 месяцев

Значение коэффициента совпадения, $K_{спi}$	0,99	1,01	1,10	1,24	1,26	1,03
---	------	------	------	------	------	------

Для использования данного склерометра с его существующей шкалой определяют значение общего коэффициента совпадения $K_{сп}$ по формуле (4):

$$K_{сп} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{спi}}{n} = \frac{0,99 + 1,01 + 1,10 + 1,24 + 1,26 + 1,03}{6} = 1,11. \quad (B.1)$$

Определяют коэффициент вариации $V_{кc}$ значений общего коэффициента совпадения $K_{сп}$ по формуле (14):

$$V_{кc} = \frac{W_m}{\alpha \cdot K_{сп}} \cdot 100 = \frac{1,26 - 0,99}{2,50 \times 1,11} \cdot 100 = 9,6\%. \quad (B.2)$$

Полученное значение коэффициента вариации $V_{кc}$ общего коэффициента совпадения $K_{сп}$ сравнивают с максимально допустимым значением $V_{гmax}$, приведенным в таблице 6.2:

$$V_{кc} = 9,6\% > V_{гmax} = 6,5\%. \quad (B.3)$$

Значение $V_{кc}$ не удовлетворяет неравенству (15).

Таким образом, значение общего коэффициента совпадения $K_{сп}$ не удовлетворяет требованиям 6.2.5 и не может быть использовано с существующей шкалой прибора при расчете прочности бетона по схеме О1 в данных обследованиях.

Проводят отбраковку «в запас» прочности двух максимальных значений $K_{сп}$, а также дополнительно в лабораторных условиях проводят испытания прочности бетона на двух сериях образцов в июне 2019 г.

Полученные значения частных коэффициентов совпадения $K_{спi}$ после отбраковки и дополнительных испытаний прочности бетона приведены в таблице В.2.

Таблица В.2 – Расчетные значения частных коэффициентов K_{cpi} за предшествующие обследованиям 12 месяцев с учётом отбраковки и дополнительных испытаний

Значение коэффициента совпадения K_{cpi}	0,99	1,01	1,10	1,03	0,95	1,08
--	------	------	------	------	------	------

Определяют новое значение общего коэффициента совпадения K_{cp} за предшествующие данным обследованиям 12 месяцев по формуле (4):

$$K_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{cpi}}{n} = \frac{0,99 + 1,01 + 1,10 + 1,03 + 0,95 + 1,08}{6} = 1,03. \quad (B.4)$$

Определяют коэффициент вариации V_{kc} значений нового общего коэффициента совпадения K_{cp} по формуле (14) и сравнивают с максимально допустимым значением V_{rmax} :

$$V_{kc} = \frac{W_m}{\alpha \cdot K_c} \cdot 100 = \frac{1,10 - 0,95}{2,50 \cdot 1,03} \cdot 100 = 5,7\%, \quad (B.5)$$

$$V_{kc} = 5,7\% < V_{rmax} = 6,5\%. \quad (B.6)$$

Требование по неравенству (15) выполнено.

Таким образом, существующая шкала применяемого прибора, реализующего косвенный метод, на данном объекте в течение года может быть использована с коэффициентом совпадения $K_{cp} = 1,03$.

В.1.3 Объединение элементов

Провели виртуальное объединение отдельных элементов пролетного строения, которыми являются каркасные балки, в единую конструкцию – «пролетное строение».

В.1.4 Назначение участков измерений. Проведение измерений

Принимают шесть участков измерений прочности бетона. Участки измерений располагаются на одной средней и двух крайних балках пролетного строения, в местах опирания балок на устои моста, по три участка со стороны каждого устоя.

Склерометром проводят единичные измерения прочности бетона на выделенных шести участках измерений.

Результаты измерений и средние значения прочности бетона приведены в таблице В.3

Таблица В.3 – Результаты измерения прочности бетона склерометром

№ участка измерений	1	2	3	4	5	6
Единичные измерения прочности бетона, МПа	32,7	33,9	34,4	35,8	32,8	39,8
	38,7	38,0	38,1	38,7	30,7	36,5
	37,8	33,0	38,4	39,7	32,7	39,9
	34,3	37,2	38,1	39,2	37,2	31,9
	35,1	36,4	37,7	38,5	38,5	35,2
	35,3	30,4	33,7	34,4	32,5	39,0
	40,0	37,4	38,9	41,6	36,2	36,4
	38,0	33,9	39,2	42,0	39,0	39,4
	41,5	34,0	36,9	35,1	32,5	32,6
	41,7	30,4	32,6	34,8	37,9	35,1
	35,4	34,6	39,0	34,2	38,2	39,5
34,1	37,4	31,0	39,5	37,9	32,0	
Средняя прочность бетона на участке измерений R_i после отбраковки, МПа	36,5	35,6	37,4	37,0	35,9	37,9
Средняя прочность бетона конструкции «пролетное строение», МПа	36,7					
Примечание – Отбракованные значения выделены полужирным курсивом.						

Проводят отбраковку единичных измерений прочности бетона на каждом участке измерений в соответствии с требованиями 5.3.5.

Проводят расчет средней прочности бетона R_i на каждом участке измерений с использованием расчетных единичных измерений (см. таблицу В.3).

В.1.5 Определение прочности бетона пролетного строения

Расчет средней прочности бетона R_m пролетного строения проводят по формуле (17) с учетом значения полученного общего коэффициента совпадения $K_{сп}$ из (В.4):

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \times K_{cn} = \frac{36,5 + 35,6 + 37,4 + 37,0 + 35,9 + 37,9}{6} \cdot 1,03 = 37,8 \text{ МПа.} \quad (\text{В.7})$$

В.1.6 Класс бетона пролетного строения по схеме О1 определяется по формуле (18):

$$B_{\phi} = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 37,8 = 30,2 \text{ МПа.} \quad (\text{В.8})$$

В.1.7 Проводят сравнение полученного значения фактического класса бетона B_{ϕ} с проектным классом бетона B_n по условию (18):

$$B_n = 25 \text{ МПа} < B_{\phi} = 30,2 \text{ МПа.} \quad (\text{В.9})$$

Таким образом, фактическая прочность бетона пролетного строения, обследованного по схеме О1, была зафиксирована не ниже установленной в проекте.

В.2 Обследовательская схема О2

В.2.1 Исходные данные

Автодорожный мост введен в эксплуатацию в 1997 г. Сооружение рассчитано под временные нормативные нагрузки А11 и НК-80.

Статическая система пролетного строения – балочная, температурно-неразрезная. Разбивка на пролеты: 12,0+18,0+12,0 м. Полная длина пролетного строения – 42,0 м.

Пролетное строение выполнено по типовому проекту [13]. В каждом пролете моста в поперечном сечении установлены девять железобетонных ребристых балок с каркасной арматурой. Высота балок – 0,9 и 1,05 м, толщина плиты проезжей части – 0,15 м, толщина ребра – 0,16 м.

Проектный класс бетона – В25.

Задача – определить прочность бетона пролетного строения железобетонного моста в процессе обследований с использованием прямого метода отрыва со скалыванием и косвенного метода упругого отскока с использованием склерометра.

В.2.2 Объединение элементов

Проведено виртуальное объединение отдельных элементов пролетного строения, которыми являются каркасные балки, в единую конструкцию – «пролетное строение».

В.2.3 Назначение участков измерений. Проведение измерений

Приняли шесть участков измерений прочности бетона склерометром. Из них на четырех участках провели измерение прочности бетона методом отрыва со скалыванием.

Участки измерений склерометром были назначены на стенках одной средней и двух крайних балках пролетного строения, в местах опирания балок на устои моста, по три участка со стороны каждого устоя.

Участки измерений прочности бетона методом отрыва со скалыванием назначили в местах измерения прочности бетона склерометром на стенках двух крайних балок в зонах опирания балок на обоих устоях.

Провели единичные измерения прочности бетона на назначенных участках измерений:

-методом упругого отскока на шести участках с учетом получения девяти расчетных значений единичных измерений на каждом участке измерений;

-методом отрыва со скалыванием на четырех участках при двух отрывах на каждом участке измерений (глубина заделки анкера прибора 35 мм).

Результаты измерений значений прочности бетона методом упругого отскока и отрыва со скалыванием приведены в таблице В.4.

Таблица В.4 – Результаты измерения прочности бетона

№ участков измерений	1	2	3	4	5	6
Единичные измерения j прочности бетона, полученные косвенным методом, МПа	32,7	33,9	34,4	35,8	32,8	39,8
	38,7	38,0	38,1	38,7	30,7	36,5
	37,8	33,0	38,4	39,7	32,7	39,9
	34,3	37,2	38,1	39,2	37,2	31,9
	35,1	36,4	37,7	38,5	38,5	35,2
	35,3	30,4	33,7	34,4	32,5	39,0
	40,0	37,4	38,9	41,6	36,2	36,4
	38,0	33,9	39,2	42,0	39,0	39,4
	41,5	34,0	36,9	35,1	32,5	32,6
	41,7	30,4	32,6	34,8	37,9	35,1
	35,4	34,6	39,0	34,2	38,2	39,5
34,1	37,4	31,0	39,5	37,9	32,0	
Средняя прочность бетона $R_{косв.i}$ после отбраковки по склерометру на участках i , МПа	36,5	35,6	37,4	37,0	35,9	37,9
Средняя прочность бетона по склерометру R_m конструкции типа «пролётное строение», МПа	36,7					
Единичные измерения j прочности бетона по отрыву со скалыванием, МПа	31,2	33,6	32,8	—	—	38,2
	35,4	39,8	29,2	—	—	46,7
Средняя прочность бетона по отрыву $R_{np.i}$ на участке i , МПа	33,3	36,7	31,0	—	—	42,4
Частный коэффициент совпадения K_{ci} на участке i	0,91	1,03	0,83	—	—	1,12
Допустимый диапазон отклонения ($\pm 15\%$) частных коэффициентов K_{ci} от K_c	0,82 ÷ 1,12					
Общий коэффициент совпадения K_c	0,97					

В.2.4 Отбраковка результатов измерений прочности бетона косвенным методом.

Провели первичную отбраковку единичных измерений прочности бетона на каждом участке измерений в соответствии с требованиями п.5.3.5.

Провели проверку и вторичную отбраковку единичных значений прочности бетона по допустимому максимальному размаху величин единичных значений R_i по участкам измерений (см. таблицу В.4).

С этой целью рассчитывают коэффициент вариации $V_{\text{кв}}$ единичных значений прочности бетона на участках измерений по формуле (21):

$$V_{\text{кв}} = \frac{W_m}{\alpha \cdot R_m} \cdot 100 = \frac{37,9 - 35,6}{2,5 \cdot 36,7} \cdot 100 = 2,5\%. \quad (\text{В.10})$$

Полученное значение $V_{\text{кв}}$ сравнивают с максимально допустимым $V_{\text{квmax}}$ по таблице 6.2:

$$V_{\text{кв}} = 2,5\% < V_{\text{квmax}} = 6,5\%. \quad (\text{В.11})$$

Максимальный размах единичных значений прочности бетона находится в допустимом интервале, и результаты измерений могут быть использованы для расчета класса бетона пролетного строения.

В.2.5 Определение и отбраковка коэффициентов совпадения результатов измерений косвенным и прямым методами

По результатам единичных измерений прочности бетона косвенным методом и методом отрыва со скалыванием (см. таблицу В.4) рассчитывают частные коэффициенты совпадения K_{ci} по формуле (5).

Значения частных коэффициентов совпадения K_{ci} приведены в таблице В.4.

Полученные значения частных коэффициентов совпадения K_{ci} должны удовлетворять требованиям Ж.2 приложения Ж ГОСТ 22690–2015:

- находиться в интервале значений $0,7 \leq K_{ci} \leq 1,3$;
- удовлетворять условию $0,85 \cdot K_c \leq K_{ci} \leq 1,15 \cdot K_c$.

Проверка соблюдения изложенных выше требований, показала, что значения частных коэффициентов совпадения K_{ci} удовлетворяет приведённым условиям.

Расчетное значение общего коэффициента совпадения K_c с учетом отбраковки было определено по формуле

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^n K_{ci}}{n} = \frac{0,91 + 1,03 + 0,83 + 1,12}{4} = 0,97. \quad (\text{B.12})$$

В.2.6 Расчет класса бетона пролетного строения

Провели расчет средней прочности бетона на каждом участке измерений косвенным методом с использованием девяти расчетных единичных измерений (см. таблицу В.4).

Определили фактическую прочность бетона пролетного строения по всем участкам измерений с учетом общего расчетного коэффициента совпадения K_c по формуле

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \cdot K_c = \frac{36,5 + 35,6 + 37,4 + 37,0 + 35,9 + 37,9}{6} \cdot 0,97 = 36,7 \text{ МПа}. \quad (\text{B.13})$$

Фактический класс бетона на сжатие B_ϕ определили по формуле

$$B_\phi = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 36,7 = 29,4 \text{ МПа}. \quad (\text{B.14})$$

Провели сравнение фактического класса бетона на сжатие, полученного в процессе обследований, с проектным классом:

$$B_{\text{п}} = 25,0 \text{ МПа} \leq B_\phi = 29,4 \text{ МПа}. \quad (\text{B.15})$$

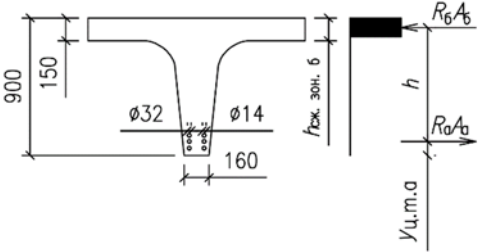
Сравнением было установлено, что фактический класс бетона обследуемого пролетного строения превышает на 17,6 % класс бетона, установленный проектом.

Приложение Г

Комментарии к положениям настоящего стандарта

Таблица Г.1 – Комментарии к положениям настоящего СТО

№ пункта	Комментарии, обоснование
4.2, 4.4	«...число и расположение участков должны приниматься по программе проведения обследования», пункт 7.1.1 ГОСТ 22690–2015
5.1.2	<p>Схема О1 предусматривает проведение оценки прочности бетона без использования прямых методов контроля прочности бетона.</p> <p>Такая оценка допускается ГОСТ 22690 и является необходимой для большинства обследуемых мостов в связи с:</p> <ul style="list-style-type: none">- повышенной трудо- и энергоемкостью работ при использовании метода отрыва со скалыванием при проведении обследований;- необходимостью последующего оперативного ремонта разрушенного защитного слоя бетона, для качественного выполнения которого требуются дополнительные затраты, кратковременное закрытие движения по эксплуатируемому мосту, а также проведение ремонтных работ в теплое время года. <p>Возможная погрешность в процессе обследований при определении класса бетона железобетонных мостовых конструкций с применением только косвенного метода невелика и несущественна, поскольку:</p> <ul style="list-style-type: none">- требования к бетонам мостовых конструкций, особенно заводского изготовления, определяют узкий диапазон отклонений фактической прочности бетона конструкции от проектного класса и, как правило, в большую сторону;- коэффициент вариации прочности бетона железобетонных изделий, в т. ч. мостовых, который контролируется на предприятии при сдаче конструкции после изготовления, не должен превышать 8 % (таблица 3 ГОСТ 10180–2012);- с увеличением времени эксплуатации прочность бетона мостовых сооружений вырастает в 1,2–1,3 раза по сравнению с первоначальной прочностью (таблица 7.8 СП 35.13330.2011). <p>Максимальная погрешность измерений прочности бетона косвенным методом по отношению к прямому методу может быть оценена коэффициентом совпадения K_c, расчетные значения которого допускают отклонения ± 30 % измеряемой прочности от фактической (Ж.2 приложения Ж ГОСТ 22690–2015).</p>

№ пункта	Комментарии, обоснование
	<p>В железобетонных пролетных строениях мостов, работающих на изгиб, такая погрешность существенно не влияет на показатель несущей способности конструктивного элемента.</p> <p>Это положение было неоднократно подтверждено конструкторскими расчетами грузоподъемности типовых балок ребристых пролетных строений.</p> <p>Ниже приведен один из примеров такого расчета.</p> <p><u>Пример</u></p> <p>Необходимо провести оценку величины предельного изгибающего момента в среднем сечении балки длиной 12 м, изготовленной по типовому проекту [13], в зависимости от прочности бетона балки:</p>  <p>Балки армированы горячекатаной арматурой периодического профиля диаметром 32 мм в количестве восьми стержней и диаметром 14 мм в количестве двух стержней с параметрами: $R_p = 265$ МПа, $E = 206000$ МПа.</p> <p>Площадь рабочей арматуры $A_{ст} = 67,38$ см².</p> <p>Центр тяжести арматуры:</p> $y_{ц.т.а} = \frac{2 \cdot 8,0384 \cdot 3,4 + 2 \cdot 8,0384 \cdot 6,8 + 2 \cdot 8,0384 \cdot 10,2 + 2 \cdot 1,5386 \cdot 13,6}{67,38} + 3,4 = 8,89 \text{ см.}$ <p>Принимают класс бетона балки по прочности на сжатие равным В25.</p> <p>Согласно СП 35.13330 прочность бетона на сжатие при изгибе $R_0 = 13,0$ МПа (132,6 кгс/см²).</p> <p>Площадь сжатой зоны бетона:</p> $A_0 = \frac{A_{ст} \cdot R_{ст}}{R_0} = \frac{67,38 \cdot 2700}{132,6} = 1372,0 \text{ см}^2$ <p>Высота сжатой зоны бетона:</p> $h_0 = \frac{A_0}{b} = \frac{1372,0}{130} = 10,6 \text{ см.}$ <p>Предельный изгибающий момент в среднем сечении балки:</p>

№ пункта	Комментарии, обоснование
	<p>$M_{пред} = R_b A_b (h - y_{ц.т.а} - 0,5h_b) = 132,6 \cdot 1372,0 \cdot (90 - 8,88 - 5,30) = 137,9 \text{ тм.}$</p> <p>Принимают класс бетона балки по прочности на сжатие равным В35.</p> <p>Согласно СП 35.13330 прочность бетона на сжатие при изгибе $R_b = 17,5 \text{ МПа}$ ($178,5 \text{ кгс/см}^2$).</p> <p>Площадь сжатой зоны бетона:</p> $A_b = \frac{A_{ст} \cdot R_{ст}}{R_b} = \frac{67,38 \cdot 2700}{178,5} = 1019,2 \text{ см}^2.$ <p>Высота сжатой зоны бетона:</p> $h_b = \frac{A_b}{b} = \frac{1019,2}{130} = 7,8 \text{ см.}$ <p>Предельный изгибающий момент в среднем сечении балки:</p> $M_{пред} = R_b A_b (h - y_{ц.т.а} - 0,5h_b) = 178,2 \cdot 1019,2 \cdot (90 - 8,88 - 3,9) = 140,2 \text{ тм.}$ <p>Таким образом, маловероятная предельная погрешность в измерении прочности бетона косвенными методами практически не сказывается на значениях несущей способности изгибаемого железобетонного элемента моста (в данном примере – 1,6 % проектного класса В35).</p> <p>Кроме того, следует учитывать, что такую погрешность с запасом «перекрывают» фактический рост прочности бетона во времени на 20 % – 30 % и коэффициент надежности по материалу, равный 1,3 для первого предельного состояния конструкции по СП 35.13330.</p>
5.2.1	<p>Находящиеся в эксплуатации элементы несущих конструкций моста (пролетное строение, опоры, фундаменты и т. д.) объединяются по функциональному признаку и рассматриваются как единая конструкция, поскольку такие элементы изготовляют из бетона одного класса по прочности на сжатие и формируют по одной технологии (одинаковые условия укладки, уплотнения). Аналогичные указания приведены в пункте 8.1.3 ГОСТ 18105–2018</p>
5.2.3	<p>Для конструкций, находящихся в эксплуатации более 2 месяца, допускается использовать (строить) единую градуировочную зависимость – пункт 6.1.3 ГОСТ 22690–2015, пункт 8.2.3 ГОСТ 18105–2018</p>
5.3.1	<p>Соответствует основным положениям пункта 7.1.1 ГОСТ 22690–2015, пункта 4.1.3 ГОСТ 10180–2012, [2, пункт 8.3.4]</p>

№ пункта	Комментарии, обоснование
6.1	Аналогично разделу 5 ГОСТ 18105–2018
6.1.9	В соответствии с пунктом 5.3 ГОСТ 18105–2018
6.2.2	Продолжительность периода использования коэффициентов K_c соответствует периодичности аттестации прибора измерений
6.2.4	Соответствует по существу указаниям пунктов 5.2, 5.4 ГОСТ 18105–2018
6.2.5	Соответствует по существу указаниям пунктов 5.2, 5.4, 5.5 ГОСТ 18105–2018
6.2.9	Формула (20) получена путем подстановки в формулу (5) ГОСТ 18105–2018 максимально допустимых для градуировочной зависимости значений $S_{\text{ост}}/R_m = 0,15$ и $r = 0,7$
6.3.2	Соответствует указаниям пунктов 5.2, 5.5 ГОСТ 18105–2018
6.3.3	С учетом пункта 5.2 ГОСТ 18105–2018
6.3.4	С учетом условий Ж.2 приложения Ж ГОСТ 22690–2015
6.3.7	С учетом указаний Ж.1 приложения Ж ГОСТ 22690–2015

Библиография

- [1] ОДМ 218.4.001–2008 Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах
- [2] СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений
- [3] Методика статистической оценки прочности бетона в железобетонных конструкциях: методическое пособие / НИИЖБ им. А.А. Гвоздева. – М.: ФАУ ФЦС, 2017. – 148 с.
- [4] Васильев А.И., Евланов С.Ф., Бейвель А.С. Контроль прочности бетона при обследованиях мостовых конструкций // Транспортное строительство. – 2017. – № 5. – С. 14–16
- [5] Енютин Ю.А. Контроль прочности бетона: взгляд со стройплощадки. Транспортное строительство. – 2018. – № 1. – С. 4–7
- [6] Гуца Ю.П., Бруссер М.И., Краковский М.Б., Серых Р.Л., Скубко В.М. О переходе от марок к классам бетона по прочности // Бетон и железобетон. – 1985. – №10. – С.39 – 40
- [7] Гуца Ю.П., Бруссер М.И., Краковский М.Б. и др. Стандарт на правила контроля прочности бетона // Бетон и железобетон. – 1988. – № 2. – С.39 – 40
- [8] Гвоздев А.А., Краковский М.Б., Бруссер М.И., Игошин В.Л., Дорф В.А. Связь статистического контроля прочности бетона с надежностью железобетонных конструкций.– Бетон и железобетон. – 1985. – №3– С. 37–38
- [9] Дерюгин Л.М. К вопросу оценки качества и прочности бетона // Бетон и железобетон. – 2014. – № 1. – С. 23–27
- [10] Улыбин А.В. О выборе методов контроля прочности бетона построенных сооружений // Magazine of Civil Engineering. – 2011. – № 4. – С.10 – 15
- [11] Руководство по ремонту бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений с учетом обеспечения совместимости материалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ОАО ЦНИИС, 2010. – 182с.

[12] Серия 3.503.1-73. Пролетные строения без диафрагм длиной 12, 15 и 18 м из железобетонных балок таврового сечения с ненапрягаемой арматурой для автодорожных мостов

[13] Серия 3.503-14. Сборные железобетонные пролетные строения для автодорожных мостов

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
Определение прочности бетона обследуемых мостовых конструкций
СТО 10957227 - 001 – 2021
УТВЕРЖДЕН И СОГЛАСОВАН

<p style="text-align: center;">Ген. директор ООО «НИИ МИГС»</p>		<p style="text-align: center;">А.А. Курыпов</p>
<p style="text-align: center;">Ген. директор АО «ЦНИИТС»</p>		<p style="text-align: center;">Ж.А. Петрова</p>
<p style="text-align: center;">Ген. Директор ООО НИЦ «Мосты»</p>		<p style="text-align: center;">А.А. Сергеев</p>
<p style="text-align: center;">Ген. директор ООО «НИИ диагностики»</p>		<p style="text-align: center;">С.В. Боханова</p>
<p style="text-align: center;">Ген. директор ООО «ЦДСК»</p>		<p style="text-align: center;">Р.А. Русаков</p>
<p style="text-align: center;">Ген. директор ООО «Институт «Проектмостореконструкция»</p>		<p style="text-align: center;">В.Н. Морозов</p>
<p style="text-align: center;">Ген. директор ООО «МИП «НИЦ МиС»</p>		<p style="text-align: center;">Ш.Н. Валиев</p>

