
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**



**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

ПНСТ
*(Проект,
первая редакция)*

Дороги автомобильные общего пользования.

МОСТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ.

Методы измерения напряжений в высокопрочной арматуре на эксплуатируемых железобетонных пролётных строениях

Настоящий проект предварительного национального стандарта не подлежит применению до его утверждения

**Москва
Стандартинформ
2025**

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «ВолгаДорПроект» (ООО «ВолгаДорПроект»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 418 «Дорожное хозяйство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «___» _____ 201__ г. № _____

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в части 1 статьи 16 Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации. Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок - в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет (www.gost.ru).

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дороги автомобильные общего пользования

МОСТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ВЫСОКОПРОЧНОЙ АРМАТУРЕ НА ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЁТНЫХ СТРОЕНИЯХ

Automobile roads of general use.

BRIDGE STRUCTURES. METHODS FOR MEASURING STRESSES IN HIGH-STRENGTH REINFORCEMENT ON OPERATED IRON-CONCRETE SUPERSTRUCTURES

Дата введения - ____ ____

1. Область применения

Настоящий Национальный стандарт устанавливает требования к методам экспериментальной оценки натяжения высокопрочной арматуры, в том числе к прямым методам со вскрытием арматуры (частотный метод, метод поперечной оттяжки) и косвенным методам без вскрытия арматуры (метод разгрузки) и распространяется на предварительно напряжённые пролётные строения эксплуатируемых автодорожных и городских мостов.

Настоящий Национальный стандарт не распространяется на методы измерения натяжения высокопрочной арматуры на стадии изготовления предварительно напряжённых пролётных строений, которые регламентируются в ГОСТ 22362-77.

2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 22362-77 «Конструкции железобетонные. Методы измерения силы натяжения арматуры»;

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

ГОСТ Р 8.973 «Государственная система обеспечения единства измерений. Национальные стандарты на методики поверки. Общие требования к содержанию и оформлению»;

СП 35.13330 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* (с Изменениями №1,2)».

3. Термины, определения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями и сокращения:

1.1 **армоэлемент**: Обособленный преднапряженный пучок из проволок или канатов (прядей) К7 или витой грузоподъемный канат.

1.2 **прямой метод**: Метод определения усилия в армоэлементе непосредственным измерением.

3.3 **косвенный метод**: Метод определения усилия в армоэлементе путём измерения напряжений в бетоне с последующим расчётным определением усилия в армоэлементе.

3.4 **частотный метод**: Прямой метод, базирующийся на измерении частоты собственных колебаний армоэлемента.

3.5 **метод поперечной оттяжки**: Прямой метод, базирующийся на измерении усилия в армоэлементе при приложении к нему усилия, направленного перпендикулярно армоэлементу.

3.6 **метод разгрузки**: Экспериментально-расчётный метод определения усилия в армоэлементе, базирующийся на измерении фактических продольных напряжений в бетоне пролетного строения от всех постоянных нагрузок и усилия преднапряжения,

полученных в результате искусственно создаваемой разгрузки напряжений с последующим расчётом усилий в арматуре.

3.7 тактильным способ: Частотный метод, использующий ручной способ подсчета частоты колебаний.

3.8 вскрытие армоэлемента: Освобождение армоэлемента на определенной длине от бетона или раствора омоноличивания и стержневой арматуры.

3.9 начальное напряжение: Напряжение в конкретной точке бетона от всех постоянных нагрузок и усилий преднапряжённой арматуры.

НДС - напряжённо-деформированное состояние

МКЭ – метод конечного элемента

4. Общие положения

4.1. Измерение силы натяжения в преднапряжённой арматуре эксплуатируемых автодорожных железобетонных пролётных строений проводится с целью оценки их напряжённо-деформированного состояния (НДС).

4.2. Измерение силы натяжения в преднапряжённой арматуре осуществляется по специальному технологическому регламенту.

4.3. Для измерения силы натяжения арматуры должны применяться приборы и оборудование, имеющие Государственную сертификацию, поверенные по ГОСТ Р 8.973 и градуировочные характеристики по ГОСТ 22362 (раздел 8).

4.4. Перед применением измерительные приборы должны быть проверены на соответствие требованиям инструкций по их эксплуатации. Порядок проведения измерений должен соответствовать порядку, предусмотренному этими инструкциями.

5. Измерение силы натяжения преднапряжённой арматуры прямыми методами

5.1 Подготовительные работы

5.1.1. Подготовительные работы при производстве измерений фактических

усилий (напряжений) частотным методом и методом поперечной оттяжки в напрягаемых арматурных элементах включают следующие этапы:

- 1) выбор на основе изучения проектной и исполнительной документации, относящейся к напрягаемой арматуре пролетного строения;
- 2) согласование с заказчиком количества и расположения армоэлементов, доступных для проведения измерений;
- 3) составление схемы мест вскрытия арматуры на пролетном строении и перенос положения армоэлементов на конструкцию;
- 4) вскрытие выбранных для измерений армоэлементов на участке требуемой длины путем удаления бетона или раствора омоноличивания и других конструктивных элементов, препятствующих свободным собственным колебаниям или поперечным перемещениям армоэлемента.

5.1.2. Длину вскрытия армоэлемента следует назначать в зависимости от вида и класса исследуемой арматуры, а также принятого метода измерений - частотного или метода поперечной оттяжки.

а) при частотном методе:

- 1) для пучков из проволок 5-7 мм от 180 до 200 см;
- 2) для пучков из канатов (прядей) К7- от 380 до 420 см;
- 3) для витых канатов – от 400 до 600 см;

б) при методе поперечной оттяжки:

- 1) для пучков из проволок 5-7 мм – от 100 до 120 см;
- 2) для пучков из канатов (прядей) К7 – от 280 до 320 см.

После вскрытия арматуры следует произвести её очистку от мелких фрагментов бетона и раствора продувкой сжатым воздухом.

5.1.3. Количество и положение мест измерений усилий в арматуре следует назначать:

- 1) в зонах максимальных потерь усилий преднапряжения от трения и перегибов арматурного элемента;
- 2) в местах, где арматура наиболее близко расположена к поверхности бетона;
- 3) вне зон анкерования и перегибов армоэлементов;
- 4) вне зон плотного контакта по горизонтали и вертикали с соседними армоэлементами.

5.1.4. При производстве работ на проезжей части моста под движением транспорта необходимо обеспечить безопасность персонала на всех стадиях работ от разметки до заделки мест вскрытия в соответствии с [1].

5.1.5. Работы по вскрытию арматуры на уровне расположения арматурных элементов следует производить только ручным инструментом с особой осторожностью, избегая контакта инструмента непосредственно с арматурой.

Для арматурных элементов в виде проволочных или прядевых пучков, измерения следует производить на отдельных проволоках или прядях, по высоте ориентировочно до уровня половины диаметра пучка.

5.1.6. Для арматуры в виде одиночных прядей или канатов необходимо полностью освободить весь их периметр от бетона или раствора на величину, обеспечивающую неестественные колебания и поперечные перемещения – от 10 до 15 мм. Расположенную выше исследуемых пучков и создающую помехи в доступе к ним стержневую арматуру необходимо на время работ разрезать и отогнуть. Оболочку металлических гофрированных каналобразователей на участке вскрытия следует удалить.

5.1.7. Арматуру, освобожденную полным периметром, необходимо проверить на отсутствие контактов с бетоном по длине, например, протянув под ней U-образную рамку из проволоки диаметром 5 мм. На время работ и перерывов необходимо защищать вскрытую арматуру от дождя, снега и других воздействий.

5.2 Измерение силы натяжения в преднапряжённой арматуре частотным методом

5.2.1. В Настоящем ПНСТ в качестве струны следует рассмотреть отдельные напрягаемые проволоки, пряди, канаты, имеющие постоянную по длине массу и сечение.

5.2.2. Зависимость между частотой f первой формы установившихся собственных колебаний струны и силой ее натяжения N частотного метода, рассчитывается по формуле:

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{N}{m}}, \quad (1)$$

где f – частота собственных колебаний, измеряемый параметр (Гц);

L – расстояние между жесткими закреплениями свободного участка арматурного элемента (м);

m – погонная масса армоэлемента (т /м);

N – усилие натяжения арматурного элемента (кН).

Напряжение в элементе получают путём деления усилия N на площадь поперечного сечения этого элемента.

5.2.3. Для измерения усилий (напряжений) натяжения армоэлементов частотным методом применяют приборы, измеряющие частоту колебаний весомой струны.

5.2.4. Измерения усилий в отдельных прядях К7 и витых канатах должны выполняться в следующем порядке:

1) измеряют с точностью 1 мм свободную длину освобождённого от бетона участка контролируемой пряди, каната, заносят полученное значение и остальные параметры пряди в память измерительного прибора;

2) устанавливают датчик-преобразователь прибора над серединой освобождённого от бетона участка пряди или каната на расстоянии от нее 5-15 мм и жестко его фиксируют;

3) возбуждают колебания в арматуре резким вертикальным ударом молотка вблизи середины освобожденного участка арматуры;

4) фиксируют на индикаторе прибора результат – напряжение в армоэлементе.

5.2.5. Измерения на каждом армоэлементе следует выполнять не менее 5 раз с осреднением результатов.

Схема измерения усилия натяжения арматуры по частоте собственных колебаний приведена на рисунке 1.

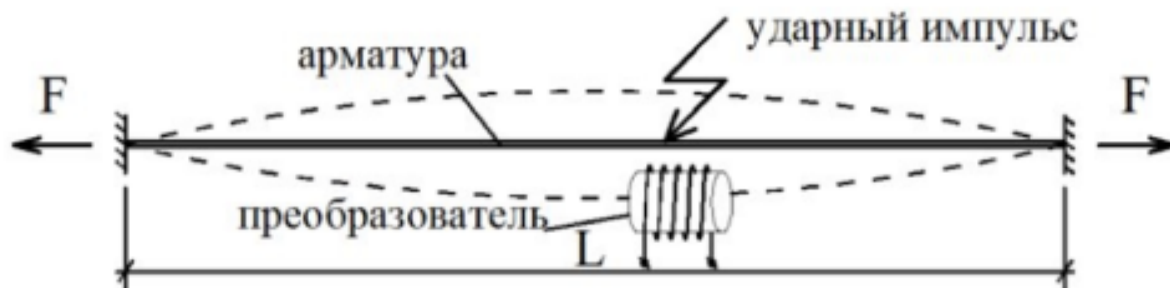


Рисунок 1- Схема измерения усилия натяжения арматуры по частоте собственных колебаний

5.2.6. Измерения усилий в пучках из параллельных проволок и прядей выполняют в следующем порядке:

1) пучки освобождают от бетона не менее чем на половину диаметра в глубину. На вскрытом пучке срезают (при наличии) проволочные скрутки;

2) одну из верхних проволок или прядей отжимают монтировкой или монтажной

лопаткой и подклинивают двумя зубильцами, изготовленными из коротышей круглой арматуры диаметром от 12 до 16 мм. При этом они должны обеспечивать максимально возможную свободную длину данной проволоки (пряди) и освобождать от контакта с остальными проволоками (пряжами) пучка, а зубильцы должны иметь жесткое опирание;

3) измеряют с точностью 1 мм свободную длину контролируемой проволоки или пряди и заносят длину и прочие параметры проволоки в память измерительного прибора;

4) устанавливают датчик-преобразователь прибора над серединой проволоки (пряди) на расстоянии от нее 5 -15 мм и жестко его фиксируют;

5) возбуждают колебания ударом в середине длины проволоки (пряди) и получают на индикаторе прибора результат – напряжение в армоэлементе.

Для повышения надежности результатов выполняют не менее пяти замеров на каждой доступной проволоке или пряди с осреднением результатов по каждому из вскрытых пучков.

5.2.7. Фактическое усилие N (кН) в арматурном элементе определяется по формуле:

$$N = 0,1\sigma F, \quad (2)$$

где σ – измеренное напряжение (МПа);

F – площадь сечения проволоки (см²).

5.2.8. Измерения усилий в шпренгельных пучках выполняют в следующем порядке:

1) измеряют с точностью до 1 мм длину шпренгельного арматурного элемента в свету между анкерными диафрагмами, упорами и подобными закреплениями;

2) возбуждают колебания в пучке, раскачивая его вертикальными толчками в середине пролета армоэлемента;

3) используя секундомер, тактильным способом подсчитывают число колебаний от 20 до 30 секунд и вычисляют среднюю частоту собственных колебаний шпренгельного армоэлемента. При частоте 2 Гц и выше для подсчета числа колебаний и их частоты следует применять акселерометр;

4) подсчитывают погонный вес армоэлемента, включая вес арматуры, раствора заполнения оболочки и вес оболочки;

5) по формуле (1) определяют усилие натяжения шпренгельного элемента арматуры.

Для повышения надежности на каждом измеряемом армоэлементе выполняют не менее пяти замеров с осреднением результатов.

5.2.9. Применяемые измерительные приборы должны обеспечивать измерение частоты собственных колебаний арматуры с погрешностью, не превышающей $\pm 1,5\%$.

5.2.10. Относительная погрешность определения силы натяжения арматуры не должна превышать $\pm 4\%$.

5.2.11. Место установки частотных приборов должно находиться от источника электрических помех на расстоянии не менее 5 м.

5.2.12. Контролируемая арматура вдоль всей ее длины при колебании не должна соприкасаться со смежными арматурными элементами, закладными деталями.

5.3 Метод поперечной оттяжки

5.3.1. Приборы для измерения силы натяжения арматуры методом поперечной оттяжки представляют собой силовую раму или балку, концы которой опираются на армоэлемент, а в середине имеется силовое нагрузочно-измерительное устройство с захватом для оттягивания арматуры в поперечном направлении на заданную величину.

5.3.2. Метод поперечной оттяжки основан на установлении зависимости между силой Q , создаваемой специальным нагрузочным устройством, оттягивающим армоэлемент на заданную величину f , и силой натяжения арматуры F (рисунок 2). При этом между направлениями арматуры и её оттянутой части образуется некоторый угол α .

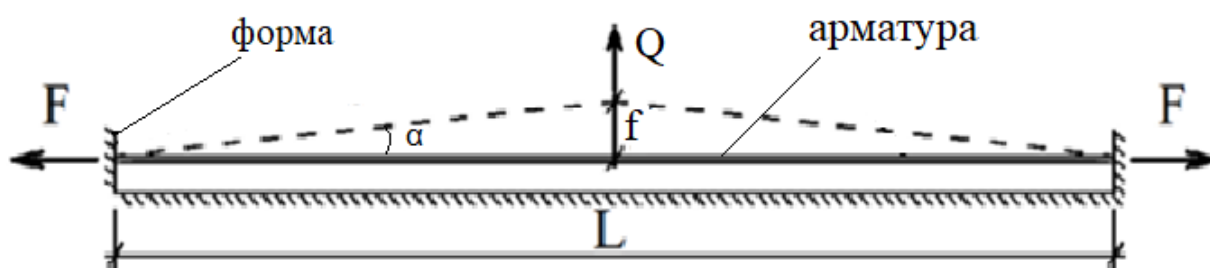


Рисунок 2 - Схема измерения усилий натяжения арматуры методом поперечной оттяжки

5.3.3. Усилие N в армоэлементе определяют из условия равновесия всех усилий в точке приложения силы Q :

$$Q = 2N \cdot \sin \alpha \approx 2N \cdot 2f / L, \quad (3)$$

$$N = Q \cdot L / 4f. \quad (4)$$

5.3.4. Подготовка к производству измерений методом поперечной оттяжки в эксплуатируемых пролетных строениях мостов аналогична соответствующим операциям для частотного метода. Различие состоит в размерах штраб, которые необходимо вскрыть для доступа к арматуре, в которой производятся измерения (см. п. 5.1.1).

5.3.5. При измерении силы натяжения арматуры методом поперечной оттяжки в арматуре не должно быть остаточных деформаций.

5.3.6. Применяемые при методе поперечной оттяжки приборы должны иметь класс точности не ниже 1,5; цена деления шкалы не должна превышать 1 % верхнего предельного значения контролируемого натяжения. Погрешность градуировочной характеристики не должна превышать ± 4 %.

5.3.7. Место установки приборов должно находиться на расстоянии не менее 5 м от источников электрических помех.

5.3.8. Отношение прогиба арматуры к ее длине не должно превышать:

- 1) 1:150 - для проволочной и канатной арматуры диаметром до 12 мм;
- 2) 1:300 - для канатной арматуры диаметром более 12 мм.

5.3.9. При измерении силы натяжения арматуры прибор устанавливают на арматуре в любом месте по ее длине. При этом стыки арматуры не должны находиться в пределах базы прибора.

5.4 Оформление результатов измерений

5.4.1 Результаты измерений фактических усилий (напряжений) в арматурных элементах пролетных строений рекомендуется оформлять в форме таблиц с указанием характеристик армоэлементов, адресов армоэлементов и мест измерений, а также значений усилий (напряжений) по проекту с учетом всех потерь для стадии эксплуатации (приложение А).

6. Измерение усилия натяжения арматуры в балках эксплуатируемых пролетных строений методом разгрузки

6.1 Метод разгрузки является косвенным методом измерения усилия натяжения

арматуры в эксплуатируемых пролетных строениях мостов. Он базируется на измерении фактических продольных напряжений на поверхности в сжатой зоне бетона пролетного строения в выбранной точке В от всех постоянных нагрузок и усилия преднапряжения («начальные напряжения» – σ_0) с применением искусственно создаваемой разгрузки напряжений в конкретной точке.

6.2 Разгрузка осуществляется по специальному технологическому регламенту посредством устройства надрезов глубиной от 30 до 50 мм на поверхности бетона, окаймляющих точку В, в которой измеряются напряжения. Надрезов должно быть минимум три: два продольных сверху и снизу от измерительного прибора плюс один поперечный. Надрезы должны отстоять от габаритов прибора на 5 мм.

6.3 В качестве приборов для измерения напряжений используют съёмные электронные тензометры или тензорезисторы. Выбор типа приборов определяется технологическим регламентом (см. п. 6.4).

6.4 Переход от измеренных начальных напряжений к усилиям в высокопрочной арматуре производится по формуле:

$$N = \frac{\sigma_0 \cdot J_x - M_x \cdot y_b}{A \cdot J_x + e \cdot y_b} \quad (5)$$

где N – равнодействующая усилий в напряженной арматуре (кН);

e – расстояние от точки приложения равнодействующей усилий N до центра тяжести поперечного сечения (м);

y_b – расстояние от центра тяжести до точки В, в которой измерялись напряжения (м);

M_x – нормативный изгибающий момент в рассматриваемом сечении от веса постоянных нагрузок, от собственного веса пролётного строения, дорожной одежды и тротуаров, (Н·м);

A и J_x – площадь и момент инерции поперечного сечения балки (кг·м²).

6.5 Подготовительные работы для измерений методом разгрузки включают:

- 1) выбор на основе изучения проектной и исполнительной документации, относящейся к напрягаемой арматуре пролетного строения, места измерений (точка В) и расположения надрезов;
- 2) точку В и расположение надрезов переносят на конструкцию;
- 3) на поверхность бетона в точке В устанавливают тензометр или тензорезистор, ориентированный в продольном направлении и его показания принимаются за ноль;
- 4) определяют класс бетона неразрушающим методом по ГОСТ 22690 и модуль

упругости по СП 35.13330.

6.6 Измерения метода разгрузки выполняют в следующем порядке: разгружают поверхностные напряжения в пределах базы прибора посредством устройства надрезов (см. п. 6.2) или извлечения фрагмента бетона с установленными приборами (возможно только при измерении напряжений тензорезисторами). После 20 минутной выдержки фиксируют на приборе отсчёт – ϵ_1 .

6.7 Определение начальных напряжений выполняют тремя возможными способами:

а) экспериментально – путём извлечения фрагмента бетона с установленными приборами (возможно только при измерении напряжений тензорезисторами).

Начальное напряжение σ_0 определяется формулой:

$$\sigma_0 = \sigma_2 - \sigma_1 \quad (3)$$

б) экспериментально-расчетным способом использованием МКЭ. При этом:

1) измеряют фактическую глубину и план расположения надрезов с точностью 1 мм;

2) с использованием фактических параметров надрезов расчётом по МКЭ определяют относительную долю U остаточных напряжений в точке B после нанесения надрезов. Начальное напряжение σ_0 определяется формулой:

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_1}{1-U} \quad (4)$$

в) экспериментально-расчетным путём с использованием загрузения моста ограниченной автомобильной нагрузкой.

Суть метода заключается в определённой последовательности выполнения измерений, частичного, а не полного, в отличие от традиционного метода разгрузки, снятия напряжений при нагружении пролётного строения испытательной нагрузкой. При этом последовательность операций должна быть следующей:

1) на мосту устанавливают автомобильную нагрузку, вызывающую в данном сечении изгибающий момент, близкий к половине такового от постоянной нагрузки;

2) фиксируют отсчёт ϵ_1 ;

3) делают надрезы в соответствии с п. 6.2;

4) фиксируют отсчёт ϵ_2 ;

5) удаляют автомобильную нагрузку с моста;

6) фиксируют отсчёт ϵ_3 .

7) Начальное напряжение σ_0 определяется формулой:

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_1 \cdot \sigma_3}{\sigma_2 - \sigma_3 - \sigma_1} \quad (5)$$

Формула (7) имеет ограничение, нарушение которого снижает точность измерений, а именно, величина напряжения σ_1 должно быть соизмерима с σ_0 .

6.8 Методы разгрузки и частичной разгрузки могут применяться к различным видам железобетонных конструкций, но с учетом их специфики. Для балок необходима корректировка данных измерений с учетом их деформативности. Для массивных замкнутых сечений податливостью сечения можно пренебречь.

Приложение А
(рекомендуемое)

Форма таблицы для оформления результатов измерений фактических усилий (напряжений) в арматурных элементах пролетных строений мостов

№	Адрес армоэлемента (мост, пролет, ось)	Характеристики армоэлемента (класс арматуры, диаметр мм, длина, м)	Место измерения (положение армоэлемента, база, мм)	Фактические значения напряжений, кг/см ²	Фактические значения усилия, тс	Среднее фактическое усилие, тс	Проектное значение усилия, тс	Отклонение %

Библиография

- [1] Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 9 декабря 2020 г. N 872н Об утверждении Правил по охране труда при строительстве, реконструкции, ремонте и содержании мостов

УДК 69.058.5

ОКС 93.080.01

Ключевые слова: автомобильные дороги, мостовые сооружения, железобетонные пролетные строения, арматура, перенапряжённая арматура, измерение напряжений в арматурах, тензометры.

Руководитель организации – разработчика

ООО «ВолгаДорПроект»:

Генеральный директор



С.В. Цветков

Исполнитель:

Старший научный сотрудник НТО

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Н.А. Устьян'.

Н.А. Устьян