

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
И ПОДТВЕРЖДЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО

(РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2019

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Геолант» (ООО «Геолант»), генеральный директор В.С. Шиковский, руководитель научных проектов И.В. Никитин.

2 ВНЕСЕН Управлением научно-технических исследований и информационного обеспечения Федерального дорожного агентства.

3 ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 11.11.2019 № 3214-р.

4 ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Содержание

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Область применения | 1 |
| 2 | Нормативные ссылки | 1 |
| 3 | Термины и определения | 4 |
| 4 | Основные положения..... | 6 |
| 5 | Методика по оценке технического состояния конструкций из полимерных композиционных материалов на автомобильных дорогах..... | 7 |
| 6 | Методика по оценке эффективности применения конструкций из полимерных композиционных материалов на автомобильных дорогах | 21 |
| Приложение А (справочное) Классификация полимерных композиционных материалов, применяемых на автомобильных дорогах и дорожных сооружениях с учетом климатических зон Российской Федерации | | |
| | | 28 |
| Приложение Б (справочное) Физико-механические характеристики полимерных композиционных материалов для определения остаточного ресурса..... | | |
| | | 32 |
| Приложение В (справочное) Условия эксплуатации и долговечность пролётных строений мостов, пешеходных сходов, настилов, перил, водопропускных труб и лотков | | |
| | | 35 |
| Приложение Г (справочное) Рекомендуемые на стадии приемки в эксплуатацию требования к допустимым отклонениям размеров ПКК от проектных величин | | |
| | | 37 |
| Приложение Д (справочное) Способы выявления эксплуатационных дефектов и методы измерения их параметров | | |
| | | 40 |
| Приложение Е (справочное) Дефектоскопы | | |
| | | 43 |
| Приложение Ж Пример оценки технического состояния полимерно-композитного пролётного строения пешеходного путепровода..... | | |
| | | 47 |

ОДМ 218.2.093-2019

| | |
|---|----|
| Приложение И Пример расчета оценки эффективности применения конструкций из полимерных композиционных материалов | 53 |
| Библиография | 61 |

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Методические рекомендации по оценке технического состояния и подтверждению эффективности применения конструкций из полимерных композиционных материалов на автомобильных дорогах

1 Область применения

Настоящий отраслевой дорожный методический документ устанавливает рекомендации по оценке технического состояния и методику оценки эффективности применения конструкций из полимерных композиционных материалов на автомобильных дорогах.

Документ предназначен для использования проектными, строительными и эксплуатирующими организациями при оценке эффективности и технического состояния полимерных композиционных материалов в конструктивных элементах автомобильных дорог и дорожных сооружениях.

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы нормативные ссылки на следующие документы:

- | | |
|-------------------------------|--|
| ГОСТ 12.1.044-2018 | Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения |
| ГОСТ 4647-2015 | Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Шарпи |
| ГОСТ 4648-2014 (ISO 178:2010) | Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб |

| | |
|-------------------------------------|--|
| ГОСТ 4650-2014 (ISO 62:2008) | Пластмассы. Методы определения водопоглощения |
| ГОСТ 4651-2014 (ISO 604:2002) | Пластмассы. Метод испытания на сжатие |
| ГОСТ 9550-81 | Пластмассы. Методы определения модуля упругости при растяжении, сжатии и изгибе |
| ГОСТ 11262-2017 (ISO 527-2:2012) | Межгосударственный стандарт. Пластмассы. Метод испытания на растяжение |
| ГОСТ 13087-2018 | Бетоны. Методы определения истираемости |
| ГОСТ 15139-69 (СТ СЭВ 891-78) | Пластмассы. Методы определения плотности (объемной массы) |
| ГОСТ 20415-82 | Контроль неразрушающий. Методы акустические. Общие положения. |
| ГОСТ 22690-2015 | Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля |
| ГОСТ 30244-94 | Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть |
| ГОСТ 30402-96 | Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость |
| ГОСТ 30247.0-94 | Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования |
| ГОСТ 30247.1-94 | Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции |
| ГОСТ 33119-2014 | Конструкции полимерные композитные для пешеходных мостов и путепроводов. Технические условия |
| ГОСТ 33123-2014 | Трубы водопропускные из полимерных композитов. Технические условия |

| | |
|-------------------|---|
| ГОСТ 33146-2014 | Дороги автомобильные общего пользования. Трубы дорожные водопропускные. Методы контроля |
| ГОСТ 33376-2015 | Секции настилов композитные полимерные для пешеходных и автодорожных мостов и путепроводов. Общие технические условия |
| ГОСТ Р 55614-2013 | Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые. Общие технические требования |
| ГОСТ Р 56542-2015 | Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов |
| ГОСТ Р 56787-2015 | Композиты полимерные. Неразрушающий контроль. |
| СП 28.13330.2012 | Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85 |
| СП 34.13330.2012 | Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* |
| СП 35.13330.2011 | Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* |
| СП 50.13330.2012 | Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 |
| ГОСТ Р 58399-2019 | Национальный стандарт Российской Федерации. Контроль неразрушающий. Методы оптические. Общие требования |
| СП 79.13330.2012 | Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний. Актуализированная редакция СНиП 3.06.07-86 |
| СП 131.13330.2012 | Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* |

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действия ссылочных стандартов и сводов правил – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который

опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Действие сводов правил можно проверить в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем ОДМ применены термины по ОДМ 218.3.014-2011, а также следующие термины с соответствующими определениями:

[ГОСТ 32794-2014]

[ОДМ 218.3.014-2011]

3.1 буквенный индекс: Буквенное обозначение потребительского свойства Б, Г, Д, Р.

3.2 грузоподъемность: Характеристика (показатель) технического состояния сооружения, соответствующая максимальному воздействию временной вертикальной нагрузки, при котором не наступает предельное состояние первой группы ни в одной из основных несущих конструкций сооружения.

3.3 дефект: Каждое отдельное несоответствие в сооружении или конструкции установленным требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

3.4 жизненный цикл: Период времени, за который выполняется совокупность процессов от момента устройства конструкции из полимерных композиционных материалов на стадиях строительства, капитального ремонта, ремонта и содержания, до ее утилизации или ликвидации.

3.5 категория (вид) технического состояния: Категория, характеризующаяся соответствием или несоответствием качества объекта

определенным техническим требованиям, установленным технической документацией на этот объект.

3.6 категория: Качественная характеристика (уровень) состояния конструкции (объекта), выраженная в форме определения, например, «отличное», «хорошее», «исправное», «аварийное», «неработоспособное», «ремонтпригодное».

3.7 композиционный материал (композит): Материал, состоящий из двух и/или более разнородных совместимых компонентов, объединенных одним связующим компонентом.

3.8 ламинат: Полимерная композитная многослойная пластина, состоящая из нескольких ламелей одинаковой или различной толщины.

3.9 норма дисконта: Нормируемая минимально допустимая величина прибыли на капитал, выраженная в процентах или относительных единицах измерения.

3.10 полимерный композит: Композит, матрица которого образована из термопластичных или терморезактивных полимеров или эластомеров.

Примечание – Грузоподъемность сооружения в целом определяется грузоподъемностью наиболее слабой из основных несущих конструкций.

Примечание – Разнородными компонентами являются матрица и наполнитель, связующим – матрица.

3.11 срок окупаемости вложений: Минимальный временной интервал (от начала осуществления инвестиционного проекта), за пределами которого ЧДД становится и в дальнейшем остается неотрицательным.

3.12 цифровой индекс: Число, определяющее степень опасности и влияние дефекта на каждое потребительское свойство сооружения.

3.13 чистый дисконтируемый доход: Накопленные дисконтированные выгоды от внедрения конструкций из полимерных композиционных материалов, определяемые как разница между результатами и затратами на протяжении всего жизненного цикла объекта

внедрения, где суммирование распространяется на все шаги расчетного периода.

3.14 эксплуатационный дефект (повреждение): Несоответствие конструкции установленным требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации, возникшее в процессе эксплуатации.

В настоящем ОДМ применены следующие обозначения сокращений:

ПКМ: полимерные композиционные материалы (полимерные композиты);

ПКК: полимерные композиционные конструкции (конструкции из полимерных композитов);

ЧДД: чистый дисконтированный доход.

4 Основные положения

4.1 Основными конструкциями из ПКМ, применяемыми в дорожной отрасли, являются:

- пролетные строения мостовых сооружений и пешеходных переходов;
- водопропускные трубы;
- водоотводные лотки;
- емкости различного назначения;
- корпуса локальных очистных сооружений;
- перила;
- опоры освещения, опоры дорожных знаков.

Классификация полимерных композиционных материалов, применяемых на автомобильных дорогах и дорожных сооружениях с учетом климатических зон Российской Федерации, приведена в приложении А.

4.2 Методика оценки технического состояния конструкций транспортного назначения выполненных из полимерных композиционных материалов применяется на всех этапах их жизненного цикла.

Методика дополняет рекомендации ОДМ 218.3.014-2011 «Методика оценки технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах» 0 в области применения полимерно-композитных конструкций в сооружениях транспортного назначения и должна использоваться совместно с указанным ОДМ 218.3.014-2011.

4.3 Оценка эффективности применения конструкций из ПКМ по сравнению с железобетонными или металлическими предполагает сопоставления показателей их аналогичных технико-экономических показателей.

5 Методика по оценке технического состояния конструкций из полимерных композиционных материалов на автомобильных дорогах

5.1 Общие положения

5.1.1 Категорию технического состояния полимерно-композитных сооружений (конструкций) следует устанавливать на основании расчётных оценок в баллах степени соответствия фактических показателей ПКК нормативным (проектным) значениям основных потребительских свойств: безопасности эксплуатации (безопасность), грузоподъёмности (безотказность), долговечности и ремонтпригодности (таблица 1).

Таблица 1 – Оценки (в баллах) и категории технического состояния ПКК

| Балльная оценка | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----------------------------|-----------------|---------|--------------------|-------------------------------|---|------------|
| Техническое состояние | Отличное | Хорошее | Удовлетворительное | Неудовлетворительное | Непригодное к нормальной эксплуатации (предаварийное) | Аварийное |
| Вид технического состояния | Исправное | | Неисправное | | | |
| | Работоспособное | | | Ограниченно – работоспособное | Неработоспособное | |
| | | | | | | Предельное |

5.1.2 Критерии по оценке технического состояния конструкций из полимерных композиционных материалов.

Каждая из указанных в таблице 1 категорий технического состояния, соответствует следующим критериям 0:

- «отличное» все показатели конструкции соответствуют установленным в нормативной и проектной документации;

- «хорошее» все основные конструкции имеют исправное состояние, основные функциональные свойства сооружения не нарушены (в конкретных условиях эксплуатации), но отдельные параметры технического состояния сооружения не в полной мере соответствуют нормативным документам;

- «удовлетворительное» все основные конструкции находятся в работоспособном состоянии, основные функциональные свойства сооружения частично нарушены (обеспечен безопасный пропуск автомобилей со скоростями не ниже экономически установленного уровня,

возможные затруднения движения носят кратковременный характер). Ремонтные мероприятия производятся в плановом порядке;

- «неудовлетворительное» состояние, характеризуется наличием в основных элементах конструкции значительных дефектов по грузоподъемности, безопасности эксплуатации и долговечности. Безопасность эксплуатации сооружения обеспечивается только путём ограничения и регулирования движения дорожными знаками. Требуется капитальный ремонт или реконструкция;

- «непригодное для нормальной эксплуатации (предаварийное)» состояние, при котором в случае продолжения внешних воздействий может произойти авария. Требуется принудительное регулирование режима эксплуатации сооружения с проведением срочных восстановительных ремонтных и контрольных мероприятий вплоть до ежедневного осмотра;

- «аварийное» установлен факт достижения предельного состояния первой группы, немедленное закрытие движения.

5.1.3 Оценочный балл технического состояния, следует назначать по таблицам Б – В ОДМ 218.3.014-2011 0, в том числе на основании значения обобщённого показателя технического состояния *Коб*, полученного расчётом по отдельным показателям потребительских свойств ПКК.

5.1.4 Основные технические требования, предъявляемые к полимерным композиционным материалам и конструкциям из них, применяемым в дорожном строительстве с учетом климатических зон Российской Федерации для оценки технического состояния ПКК, приведены в Приложениях Б – Г к настоящему ОДМ.

5.1.5 Способы выявления эксплуатационных дефектов и методы измерения их параметров приведены в Приложении Д к настоящему ОДМ.

5.2 Классификация эксплуатационных дефектов конструкций из полимерных композиционных материалов

Согласно ОДМ 218.4.001-2008 0 и ГОСТ 33146 оценка технического состояния ПКК должна производиться путём анализа дефектов, каждому из которых присваивается буквенный индекс, указывающий вид потребительского свойства, на которое влияет данный дефект и цифровой индекс, определяющий степень снижения этого потребительского свойства.

В настоящей методике аналогично ОДМ 218.3.014-2011 0 приняты следующие обозначения:

- буквенные индексы потребительских свойств: безопасность эксплуатации (Б), грузоподъёмность (Г), остаточный ресурс или долговечность (Д) и ремонтпригодность (Р) для мостовых конструкций и для водопропускных труб безопасность (Б), прочность (П), долговечность (Д) и ремонтпригодность (Р);

- цифровые индексы степени влияния дефектов: незначительные (0), малозначительные (1), значительные (2), опасные (3), критические (4) для мостовых конструкций и для водопропускных труб по ГОСТ 33146-2014 малозначительные (1), значительные (2), критические (3).

- по ремонтпригодности, т.е. по сложности проведения работ аналогично ОДМ 218.4.001-2008 0: 1 – легко устранимые дефекты, 2 – дефекты устранимые вне плана нормативных работ по содержанию сооружения, 3 – дефекты, требующие проектной проработки или капитального ремонта, 4 – неустранимые дефекты, требующие замены конструкций.

Дефекты конструкций из полимерных композиционных материалов транспортных сооружений, которые являются общими с конструкциями из традиционных материалов как, например, дефекты, связанные с габаритами приближений, характеристиками проезжей части, жёсткостью элементов, динамическими параметрами, состоянием болтовых соединений, смещениями конструкций, а также высота перильных ограждений, геометрические размеры водопропускных труб и др. классифицируются и

принимаются по «Каталогу дефектов мостовых сооружений» (0 Приложение А) с использованием следующей аналогии с конструкциями из традиционных материалов:

- инфузионные полимерные конструкции аналогично бетонным;
- конструкции, собранные из полимерных пултрузионных профилей, аналогично металлическим решётчатым;
- полимерно-композитные водопропускные трубы под насыпями аналогично металлическим гофрированным трубам.

В таблице 2 приведена классификация эксплуатационных дефектов, отражающих специфику конструкций транспортных сооружений из полимерных композиционных материалов, которая составлена в форме «Каталога дефектов мостовых сооружений» ОДМ 218.3.042-2014 0, с учётом ГОСТ 33146, а также положений настоящего ОДМ.

Таблица 2 – Дефекты конструкций транспортных сооружений из полимерно-композиционных материалов

| № п/п | Название дефекта | Определяющий параметр дефекта | | | | Категория дефекта по ОДМ | | | | Локализация в составе сооружения |
|--|--|--|----------|---------|------|--------------------------|---|---|----------------|---|
| | | Наименование параметра | Ед. изм. | Границы | | Б | Д | Р | Г (П для труб) | |
| | | | | min | max | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. Общие дефекты мостового сооружения | | | | | | | | | | |
| 1. 25 | Недостаточная вертикальная жёсткость конструкции | Вертикальный упругий прогиб от временной нагрузки в процентах от расчётного пролёта | % | 0.25 | 0.45 | 0 | 1 | 3 | 0 | Автомобильный мостовой переход, пешеходный мост |
| | | Вертикальный упругий прогиб от временной нагрузки в процентах от расчётного пролёта | % | 0.45 | 0.65 | 1 | 1 | 3 | 0 | Автомобильный мостовой переход, пешеходный мост |
| | | Вертикальный упругий прогиб от временной нагрузки в процентах от расчётного пролёта | % | 0.65 | 0.75 | 2 | 1 | 3 | 1 | Автомобильный мостовой переход, пешеходный мост |
| 2. Деформационные швы | | | | | | | | | | |
| 3. Пролётное строение: мостовое полотно, дорожная одежда, ограждения, водоотвод | | | | | | | | | | |
| 2. 59, 60 | Разрушение, износ, или отсутствие покрытия. | Повреждение или отсутствие покрытия площадью зоны до 15 см ² на поверхности 10 м ² | шт. | 3 | 10 | 0 | 1 | 1 | 0 | Покрытие ездового полотна или прохожей части |
| | | | шт. | 10 | 20 | 0 | 2 | 2 | 0 | |
| | | | шт. | 21 | 30 | 1 | 3 | 3 | 0 | |
| 3. 63, 64 | Несоответствие применённых материалов нормативным или проектным требованиям. | Параметры долговечности (остаточного ресурса) не обеспечены | | | | 1 | 3 | 4 | 0 | Покрытие ездового полотна или прохожей части |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------------------|---|--|-----------------|-------------------|----|---|---|---|----|---|
| 4. 103 104 | Несоответствие применённых материалов нормативным или проектным требованиям | Деформативные и прочностные параметры обеспечены | | | | 0 | 3 | 4 | 0 | Перильное ограждение, конструктивные элементы системы водоотвода, опоры дорожных знаков и освещения |
| | | Деформативные и прочностные параметры не обеспечены | | | | 2 | 3 | 4 | 0 | |
| 5. | Перепад отметок днища стыкуемых секций лотка | Перепад отметок днищ смежных секций | Равно 6.0 мм | | | 0 | 1 | 1 | 0 | Водоотводные лотки |
| | | | Более 6.0 мм | | | 0 | 2 | 2 | 0 | |
| 6. 130 | Повреждение свето-влажностойкого покрытия | Глубина повреждения менее толщины покрытия | см ² | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | Перильное ограждение, конструктивные элементы системы водоотвода, конструктивные элементы светопрозрачного ограждения, опоры дорожных знаков и освещения. |
| | | Глубина повреждения более толщины покрытия. Деградационные разрушения поверхности полимерной конструкции глубиной более 1.0 мм | см ² | 2 | 5 | 0 | 3 | 2 | 0 | |
| 7. | Изменение цвета свето-влажностойкого покрытия | Без конкретизации степени развития | | | | 0 | 1 | 1 | 0 | Перильное ограждение, опоры дорожных знаков и освещения |
| 8. | Проломы лотков между рёбрами жёсткости | Стенки водопропускных лотков | см | 0 | 24 | 0 | 3 | 2 | 0 | Водопропускные лотки |
| | | Днища водопропускных лотков | см | 0 | 10 | 4 | 4 | 2 | 0 | |
| 9. | Проломы лотков с захватом рёбер жёсткости | Стенки и днища водопропускных лотков | см | Без конкретизации | | 0 | 4 | 4 | 0 | Водопропускные лотки |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--|--|---|-------------------------|-----|-----|---|---|---|----|--|
| 10. | Сужение сечения лотков | Максимальное сужение лотка, равное 0.2 ширины сечения (В) | Менее 0.2 В | | | 0 | 1 | 2 | 0 | Водопропускные лотки |
| | | | Более 0.2 В | | | 0 | 2 | 2 | 0 | |
| 11. | Уклон секций лотков | Секции водопропускных лотков | % | 0.5 | 0.7 | 0 | 1 | 1 | 0 | Водопропускные лотки |
| | | | | 0.7 | - | 0 | 2 | 2 | 0 | |
| 3. Пролётное строение: главные несущие конструкции, настилы | | | | | | | | | | |
| 12. 180 | Несоответствие применённых материалов проектным и нормативным требованиям | Работоспособность конструкции: - обеспечена - ограничена - утрачена | | | | 0 | 2 | 2 | 1 | Настилы, балки, пултрузионные профили ферм и др. несущие конструктивные элементы |
| | | | | | | 0 | 3 | 3 | 3 | |
| | | | | | | 3 | 4 | 4 | 4 | |
| 13. 245 | Износ, деградационное разрушение с обнажением, наполнителя, расслоение и др. | Разрушение площадью зоны до 2 см ² и глубиной до 1.0 мм на поверхности 10 м ² | шт. | 3 | 10 | 0 | 3 | 2 | 1 | Настилы, балки, пултрузионные профили ферм и др. несущие конструктивные элементы |
| | | | шт. | 10 | 20 | 0 | 3 | 2 | 2 | |
| | | | шт. | 11 | 30 | 1 | 3 | 3 | 3 | |
| | | мм | 1.0 | 1.5 | 0 | 2 | 2 | 2 | | |
| | | | ≥1.5 | | 0 | 3 | 3 | 3 | | |
| 14. 191, 247 | Трещины, глубиной более 1.0 мм | Без конкретизации степени развития | Пултрузионные профили | | | 0 | 3 | 3 | 4 | Основные несущие конструктивные элементы |
| | | | Инфузионные конструкции | | | 0 | 3 | 2 | 3 | |
| 15. 186 | Сколы | Без конкретизации степени развития | Пултрузионные профили | | | 0 | 2 | 2 | 3 | Основные несущие конструктивные элементы |
| | | | Инфузионные конструкции | | | 0 | 2 | 3 | 2 | |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|--|---|-----------------|---|---|---|---|---|----|--|
| 16. | Повреждение свето-влажностойкого покрытия | Глубина повреждения меньше толщины покрытия | см ² | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | Основные несущие конструктивные элементы |
| | | Глубина повреждения больше толщины покрытия. Деградиционные разрушения поверхности полимерной конструкции глубиной более 1.0 мм | см ² | 2 | 5 | 0 | 2 | 2 | 0 | |
| 17. | Повреждение слоя огнезащиты | Глубина повреждения менее толщины покрытия | см ² | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | Основные несущие конструктивные элементы |
| | | Глубина повреждения больше толщины покрытия. | см ² | 1 | - | 0 | 3 | 3 | 0 | |
| 18. | Белые пятна на свободной от покрытия поверхности плиты | Белые пятна (не ремонтного происхождения) на поверхности конструкций образовавшихся в процессе их эксплуатации, с микротрещинами. | - | - | - | 0 | 4 | 4 | 0 | Основные несущие конструктивные элементы, рассчитываемые на выносливость |
| 4. Водопропускные трубы под насыпями | | | | | | | | | | |
| <u>19.</u> <i>140</i> | Продольный уклон, отклонение от проектных значений | Без конкретизации степени развития | | | | 2 | 2 | 3 | 1 | Конструкция трубы |
| <u>20.</u> <i>173</i> | Любое несоответствие местоположения элементов и геометрических размеров трубы проектным требованиям. | Работоспособность трубы обеспечена | | | | 0 | 1 | 1 | 1 | Конструкция трубы |
| | | Работоспособность трубы ограничена | | | | 2 | 2 | 2 | 3 | |
| | | Работоспособность трубы утрачена | | | | 3 | 3 | 4 | 4 | |

Окончание таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|--|--|----------|-------|----------|---|---|---|----|-------------------|
| 21. 179 | Несоответствие применённых материалов нормативным или проектным требованиям. | Работоспособность трубы обеспечена | | | | 0 | 1 | 0 | 1 | Конструкция трубы |
| | | Работоспособность трубы ограничена | | | | 2 | 2 | 3 | 2 | |
| | | Работоспособность трубы утрачена | | | | 3 | 3 | 4 | 3 | |
| 22. | Царапины, сколы, трещины | Трещины раскрытием более 0.1мм, длиной | мм | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | Конструкция трубы |
| | | | мм | 3 | - | 0 | 2 | 1 | 0 | |
| | | | сквозные | | | 0 | 3 | 3 | 3 | |
| | | Трещины раскрытием менее 0.1мм, длиной | мм | 0 | 13 | 0 | 1 | 1 | 0 | Конструкция трубы |
| | | | мм | 13 | - | 0 | 2 | 1 | 0 | |
| | | Трещины более 0.1мм, обнажение армирующего наполнителя (ровинга) | | | сквозные | | | 3 | 3 | 3 |
| 23. | Кольцевая деформация сечения | Относительная деформация диаметра трубы. Отсутствие сквозных трещин. | % | 0 | 2.5 | 0 | 1 | 1 | 1 | Конструкция трубы |
| | | | | 3.0 | 3.5 | 1 | 2 | 1 | 2 | |
| | | Относительная деформация диаметра трубы. Образование сквозных трещин и структурных повреждений | % | > 3.5 | - | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| 24. | Нарушение герметичности стыков, протечки, раздвижки звеньев | Протечки в стыках из-за разгерметизации. Угловые смещения звеньев более предусмотренных изготовителем | | | | 0 | 3 | 2 | 3 | Конструкция трубы |
| | | Деформации контура трубы с образованием сквозных трещин и повреждений. Раздвижка звеньев с проникновением грунта, разрушение соединительных муфт | | | | 2 | 3 | 3 | 3 | |
| Примечание – в знаменателе номера пункта курсивом указан номер аналогичного пункта ОДМ 218.3.042-2014 0 | | | | | | | | | | |

5.3 Определение показателей технического состояния конструкций.

5.3.1 Обобщенный показатель $K_{об}$, рассчитывается по формуле:

$$K_{об} = 0,5 * ((K_B + K_G + K_D) / 3 + K_{min}) \quad (1)$$

где: K – показатели технического состояния сооружения (конструкции):

$K_{об}$ – обобщенный;

K_B – по безопасности;

K_G – по грузоподъемности;

K_D – по долговечности;

K_{min} – минимальное из значений показателей одного из технических состояний по безопасности, грузоподъемности и долговечности.

5.3.2 Значения частных показателей технического состояния $K_B; K_G; K_D$ следует определять в соответствии с указаниями ОДМ 218.3.014-2011 0.

5.3.3 Показатель технического состояния по безопасности эксплуатации K_B определяется по трем признакам, приведенным в таблице В.1 ОДМ 218.3.014-2011 0, при этом для автодорожных мостов коэффициент снижения скорости K_V определяется по формуле:

$$K_V = [V] / V_p \quad (2)$$

где: $[V]$ – максимальная безопасная скорость легкового автомобиля, назначаемая в соответствии с требованиями ОДН 218.017-2003 0 в зависимости от интенсивности движения, габарита проезда, неровностей дорожного покрытия, износа барьерного ограждения;

V_p – расчётная скорость движения легкового автомобиля для данной категории автомобильной дороги, назначаемая по СП 34.13330 с учётом 0 (приложение Г).

При назначении K_B в таблице В.1 ОДМ 218.3.042-2014 0 учитываются также показатели дефектности по безопасности B_B , (может использоваться в

качестве самостоятельного параметра) и показатели назначения – габаритов проезда $K_{пч}$, проходной части $K_{пр}$, подмостового габарита $K_{пз}$.

5.3.4 Показатель дефектности по безопасности V_B вычисляется по соответствующим цифровым индексам дефектов конструкции или сооружения с использованием таблиц 2, 3 и каталога дефектов ОДМ 218.3.042-2014 0 по формуле:

$$V_{Bi} = V_{Bi}^{баз} - \sum_{j=1}^{j=4} \left(1 - \frac{1}{\left[\frac{n_{Bj}}{5}\right] + 1}\right) \cdot \gamma_{Bj} \quad (3)$$

где: $V_{Bi}^{баз} = (6 - D_{max})$ – базовый параметр дефектности по безопасности, равный максимальному цифровому индексу дефекта (D_{max});

j – цифровой индекс дефекта;

i – номер объекта;

n_{Bj} – количество дефектов с данным индексом по безопасности, за исключением дефекта, использованного в расчёте $V_{Bi}^{баз}$ (таблица 2);

γ_{Bj} – показатель значимости дефектов для каждого цифрового индекса (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели значимости индексов дефектов по безопасности γ_{Bi} и долговечности γ_{Di}

| Диапазон индексов дефектов | Показатели значимости γ_{Bi} и γ_{Di} | | Наличие цифровых индексов дефектов в рассматриваемой конструкции | | | |
|----------------------------|---|--------|--|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | $\gamma_{B1, D1}$ | 1.0 | + | - | - | - |
| 1-2 | $\gamma_{B1, D1}$ | 0.25 | + | + | - | - |
| | $\gamma_{B2, D2}$ | 0.75 | | | | |
| 1-3 | $\gamma_{B1, D1}$ | 0.0714 | + | + | + | - |
| | $\gamma_{B2, D2}$ | 0.2143 | | | | |
| | $\gamma_{B3, D3}$ | 0.7143 | | | | |
| 1-4 | $\gamma_{B1, D1}$ | 0.0227 | + | + | + | + |
| | $\gamma_{B2, D2}$ | 0.0682 | | | | |
| | $\gamma_{B3, D3}$ | 0.2273 | | | | |
| | $\gamma_{B4, D4}$ | 0.6818 | | | | |

5.3.5 Показатели дефектности по назначению (показатели назначения) габаритов проезда $K_{пч}$, прохожей части $K_{пр}$, подмостового габарита $K_{нг}$ устанавливаются экспертно согласно описанию дефектов в приложении Ж рекомендаций ОДМ 218.3.014-2011 0.

5.3.6 Показатель технического состояния по грузоподъемности K_G определяется путём сопоставления проектных нормативных и фактических классов временных нагрузок, которые прикладываются к ПКК.

Показатель K_G устанавливается по ОДМ 218.3.014-2011 0 (приложение Г) на основании данных расчёта грузоподъёмности полимерно-композитной конструкции, выполненного с учётом влияния выявленных в процессе обследований дефектов на напряжённо-деформированное состояние ПКК с возможным уточнением данных по результатам испытаний.

5.3.7 Показатель технического состояния по долговечности K_D определяется по формуле:

$$K_D = 0,5 * (K_D^{сред} + K_D^{мин}) \quad (4)$$

где: $K_D^{сред}$ – показатель средней долговечности для каждой основной конструкции или группы конструкций в составе сооружения, определяемой по формуле:

$$K_D^{сред} = \frac{\sum_{j=1}^n K_{Dj}}{n} \quad (5)$$

где: K_{Di} – частный показатель технического состояния по долговечности i – объекта (основной или группы конструкций);

$K_D^{мин}$ – показатель минимальной долговечности для основных конструкций (минимальное из полученных значений) устанавливается по данным таблицы Приложения Д ОДМ 218.3.014-2011 0 на основе рассчитываемых значений показателя дефектности V_D по долговечности по формуле:

$$V_{Di} = V_{Di}^{баз} - \sum_{j=1}^{j=4} \left(1 - \frac{1}{\left[\frac{n_{Dj}}{5}\right] + 1}\right) \cdot \gamma_{Dj} \quad (6)$$

где: $V_{Di}^{баз} = (6 - D_{max})$ – базовый параметр дефектности по долговечности, определяемый дефектом с максимальным индексом D_{max} ;

j – номер индекса дефекта;

i – номер данного объекта;

n_{Dj} – количество дефектов с данным индексом по долговечности, за исключением дефекта использованного в расчёте $V_{Di}^{баз}$ (таблица 2);

γ_{Di} – показатель значимости дефектов для каждого цифрового индекса (таблица 3).

5.3.8 Обобщённый параметр дефектности $V_{об}$ определяется по формуле:

$$V_{об} = 0,5 * ((V_{Б} + K_{Г} + V_{Д}) / 3 + V_{min}) \quad (7)$$

где: $V_{об}$ – обобщенный показатель технического состояния сооружения;

$V_{Б}$ – показатель технического состояния по безопасности сооружения, определяемый по формуле (3);

$K_{Г}$ – показатель технического состояния по грузоподъемности сооружения (ОДМ 218.3.014-2011 0, Приложение Г);

$V_{Д}$ – показатель дефектности по долговечности сооружения, определяемый по формуле (6);

V_{min} – минимальное значение показателя технического состояния одного из потребительских свойств - безопасности, грузоподъемности и долговечности.

5.3.9 Показатель вида ремонтного воздействия K_p характеризует сложность ремонтного воздействия, необходимого для приведения

фактических значений параметров ПКК в соответствие уровням, установленным нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией и обеспечивающим требуемые свойства сооружению.

Значение показателя вида ремонтного воздействия *K_p* определяют на основании результатов классификации имеющихся дефектов по категориям ремонтпригодности – P1, P2, P3, P4 0, анализа эффективности ремонтных мероприятий, необходимых для устранения дефектов, с учетом нормативов 0, 0, а также используя значения наиболее схожих параметров по приложению Е и указания п. 13 ОДМ 218.3.014-2011 0

5.4 Пример оценки технического состояния полимерно-композитного пролётного строения пешеходного моста приведён в Приложении Ж.

6 Методика по оценке эффективности применения конструкций из полимерных композиционных материалов на автомобильных дорогах

6.1 Критерии оценки эффективности конструкций с использованием полимерных композиционных материалов, применяемых на автомобильных дорогах.

В качестве критерия эффективности назначен показатель, который дает возможность:

- прогнозировать ожидаемый результат – достижение поставленной цели;
- оценивать фактическую степень достижения цели;
- сравнивать различные варианты достижения цели между собой.

Основная цель применения конструкций из ПКМ определяется исходя из преимуществ, за счет которых достигается их эффективное применение.

Для ПКК можно выделить следующие виды конечных результатов:

- повышение долговечности, и как следствие – увеличение межремонтных сроков и сроков службы;
- снижение затрат на стадии эксплуатации;
- сокращение сроков строительства;
- снижение отрицательного влияния на окружающую среду.

В конечном итоге, эффективность, достигаемая при применении различных видов ПКМ, выражается через экономическую эффективность.

Основным видом экономической эффективности применения конструкций из полимерных композиционных материалов является общественная эффективность, которая характеризует социально-экономические последствия для общества в целом. В соответствии с методическими положениями официальных межотраслевых и отраслевых рекомендаций оценки эффективности инвестиционных проектов, под эффективностью применения ПКМ понимается степень соответствия его результатов целям и интересам его участников.

Таким образом критерий эффективности применения конструкций из ПКМ – это отношение результата к ресурсам, на которых он был получен.

В качестве критерия оценки эффективности применения ПКМ используют показатель, базирующийся на соизмерении затрат на их осуществление и результатов от реализации: интегральный эффект или чистый дисконтируемый доход.

6.2 Общие положения методики

В основу методики по оценке эффективности применения конструкций из полимерных композиционных материалов положены следующие принципы.

- всесторонний учет при оценке эффективности использования ПКМ их специфических особенностей.
- формирование стадий жизненного цикла конструкции из ПКМ и детализация расчета показателей эффективности по каждой стадии.

- соответствие всех основных методических положений оценки эффективности использования ПКМ официальным межотраслевым 0 и учет положений отраслевых Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов 0 с учетом положений проекта методических рекомендаций по оценке эффективности использования в дорожном хозяйстве инноваций и достижений научно-технического прогресса 0. Данный принцип обусловлен тем, что внедрение ПКМ предполагает вложение денежных средств на различных стадиях жизненного цикла: как на стадии капитальных, так и на стадии текущих затрат.

- унификация расчета оценки эффективности, которая заключается в разработке единой модели для различных видов конструкций из ПКМ.

- учет фактора времени. При оценке эффективности должны учитываться различные аспекты фактора времени, в том числе динамичность (изменение во времени) параметров проекта и его экономического окружения; неравноценность разновременных затрат и / или результатов.

- учет влияния инфляции (учет изменения цен на различные виды продукции и ресурсов в период реализации проекта).

- учет влияния неопределенностей и рисков, сопровождающих реализацию проекта применения ПКМ.

Расчет экономической эффективности инновационного проекта является частным случаем решения общей задачи определения экономической эффективности инвестиционного проекта на основе действующих нормативных методических документов 0, 0.

Оценка эффективности применения конструкций из ПКМ предполагает определение сравнительной эффективности, которая устанавливается на основе сопоставления показателей затрат и результатов с аналогичными показателями конструкций из железобетона, металла или дерева.

Необходимо отметить, что показатель ЧДД от внедрения ПКК не является показателем ЧДД от вложения инвестиций в проект с

использованием ПКМ. Последний рассчитывается в соответствии с 0 на основе принципа сравнения «с проектом» и «без проекта», в то время как ЧДД от внедрения ПКМ – путем сопоставления проекта «с традиционным решением» и проекта «с решением на основе ПКК».

Такие показатели, как индекс доходности, внутренняя норма доходности и срок окупаемости, характеризующие эффективность вложения инвестиций в проект, должны считаться отдельно для инновационного и традиционного проектов в соответствии с принципом сравнения «с проектом» и «без проекта» 0, 0.

6.3 Определение экономической эффективности применения конструкций из полимерных композиционных материалов

Получаемые при расчете экономической эффективности результаты – это экономические эффекты, получаемые от внедрения ПКК на каждой стадии жизненного цикла. К затратам относят дополнительные денежные средства, требуемые для внедрения ПКК по сравнению с традиционным решением на всех стадиях жизненного цикла.

Расчетный период при оценке эффективности внедрения ПКМ на стадиях опытно-экспериментального и широкого применения инновации на участках автомобильных дорог охватывает инвестиционные этапы жизненного цикла:

- этап разработки проектной документации, с учетом затрат на разработку специальных технических условий (при необходимости);
- непосредственное выполнение строительно-монтажных работ на объектах;
- эксплуатационная стадия, включающая ремонт и содержание объекта с учетом гарантийных обязательств.

Продолжительность расчетного периода должна быть не менее срока службы дорожной конструкции или дорожного сооружения с использованием ПКМ.

При сравнении вариантов конструкций с различными сроками службы расчетный период ограничивается сроком службы наиболее долговечного варианта. При этом в менее долговечных вариантах должны быть учтены дополнительные затраты на их усиление или замену.

В случае, если сроки службы конструкций по сравниваемым вариантам превышают принятый расчетный период и различаются между собой, то необходимо учитывать «эффект последствия» этих вариантов путем вычитания из общих затрат на реализацию каждого из них остаточной стоимости фондов, находящихся в эксплуатации на момент окончания расчетного периода сравнения вариантов. Величина остаточной стоимости дорожных сооружений определяется на основе данных о первоначальной стоимости фондов и действующих годовых норм износа с учетом или без учета нормы дисконта.

Определение затрат осуществляется на основе сметно-финансовых расчетов или утвержденных нормативов удельных показателей стоимости строительства, реконструкции, ремонта и содержания дорожных сооружений.

Затраты, одинаковые по размерам и срокам их осуществления, в традиционном и решении с использованием ПКМ могут не учитываться при расчете показателей эффективности.

Виды экономических эффектов определяются на основе полученных результатов от осуществления внедрения конструкции из ПКМ на каждой стадии жизненного цикла (очередном шаге расчета).

Чистый дисконтируемый доход вычисляют по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t)(1 + E)^{-t}, \quad (8)$$

где: R_t – результаты от осуществления внедрения конструкции из ПКМ на t -м шаге расчета;

Z_t – дополнительные затраты на реализацию внедрения конструкций из

ПКМ на том же шаге, в т.ч. потери, связанные с ущербом, который может принести его внедрение или затраты на устранение данного ущерба;

E – норма дисконта;

T – горизонт расчета (расчетный период сравнения вариантов без ПКМ и с ПКМ), определяемый жизненным циклом;

t – номер шага расчета, соответствующий определенной стадии жизненного цикла;

$(1+E)^{-t}$ – коэффициент дисконтирования.

С помощью коэффициента дисконтирования выполняется учет фактора неравноценности разновременных затрат и результатов, осуществляемый путем приведения всех показателей к одному моменту времени.

Коэффициент дисконтирования (E_1) с учетом поправки на риск проекта (P) вычисляется по формуле:

$$E_1 = E + \frac{P}{100} \quad (9)$$

Поправка на риск проекта принята на основании 0 и определяется по данным таблицы 4.

Коэффициент дисконтирования с учетом поправки на риск используется в случае расчета ЧДД с учетом риска. Тогда взамен показателя E в формуле (8) используется показатель E_1 .

Таблица 4

| Величина риска | Пример цели проекта | P , % |
|----------------|--|---------|
| Низкий | Вложения при интенсификации производства на базе освоенной техники | 3-5 |
| Средний | Увеличение объема продаж существующей продукции | 8-10 |
| Высокий | Производство и продвижение на рынок нового продукта | 13-15 |
| Очень высокий | Вложения в исследования и инновации | 18-20 |

Результаты определяются в виде финансовых эффектов (потерь), получаемые от экономии затрат (дополнительных затрат) на различных стадиях жизненного цикла объекта в период t после внедрения конструкций из ПКМ, вычисляются по формуле:

$$\Delta Z_{nt} = \sum_{n=1}^N (Z_{nt}^{mp} - Z_{nt}^{un}) \quad (10)$$

где: Z_{nt}^{mp}, Z_{nt}^{un} – затраты n -го вида дорожной деятельности (капитальный ремонт, ремонт, содержание).

В случае отсутствия дополнительных затрат на устройство конструкций из ПКМ, разница затрат рассматривается в виде финансового эффекта.

Сокращение затрат на ежегодное нормативное содержание возможно за счет:

- уменьшения дефектов дорожной конструкции;
- сокращения периодичности выполнения определенного вида работ;
- полного исключения выполнения какого-либо вида работ.

Проект с использованием ПКК может быть принят к реализации, если ЧДД положительный.

Для унификации расчетов при описании показателей социально-экономической эффективности использованы обозначения показателей, а также ссылки на исходные данные для их расчета, принятые согласно Методическим рекомендациям по оценке эффективности строительства, реконструкции, капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог 0.

6.4 Пример расчета оценки эффективности применения конструкций из полимерных композиционных материалов приведен в Приложении И.

Приложение А **(справочное)**

Классификация полимерных композиционных материалов, применяемых на автомобильных дорогах и дорожных сооружениях с учетом климатических зон Российской Федерации

Классификация определяется по следующим критериям:

- по признакам полимерного композиционного материала;
- по области применения полимерных композиционных материалов и конструкций и изделий из них.

Классификация полимерных композиционных материалов осуществляется по следующим признакам:

- типу матрицы;
- по природе материала армирующего наполнителя;
- типу армирующего наполнителя;
- типу армирования;
- структуре.

Матрица у ПКМ является полимерной.

По области применения подразделяются на ПКМ, применяемые при строительстве, ремонте и эксплуатации следующих элементов дорожной инфраструктуры:

- автомобильная дорога (дорожная одежда, земляное полотно и т.д.);
- искусственные дорожные сооружения;
- защитные дорожные сооружения;
- элементы обустройства;
- производственные объекты.

Для каждого признака, по которому классифицируются полимерные композиционные материалы и конструкции и изделия из них, назначена кодировка.

Классификация и кодировка признаков полимерного композиционного материала приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 – Классификация и кодировка признаков полимерного композиционного материала

| Наименование | Обозначение |
|---|-------------|
| <i>Материала армирующего наполнителя</i> | |
| Стекло | СТ |
| Углерод | УГ |
| Арамид | АР |
| Базальт | БЗ |
| Прочие материалы | ПР |
| <i>Тип армирующего наполнителя</i> | |
| Твердые | Т |
| Волокнистые | В |
| Слоистые | С |
| <i>Тип армирования</i> | |
| С дискретным армированием | 1 |
| С дисперсным армированием | 2 |
| С комбинированным армированием | 3 |
| <i>Структура</i> | |
| Однонаправленно-армированные | I |
| Двунаправленно-армированные | II |
| Многонаправленно-армированные | III |
| Пространственно-армированные | IV |
| Хаотически-армированные | V |
| Примечание – В случае наличия нескольких материалов армирующего наполнителя характеристики записываются через дробь. При отсутствии данных по типу армирования и структуре допускается их не указывать. | |

Классификация и кодировка по области применения полимерных композиционных материалов и конструкций и изделий из них приведены в таблице А.2.

Таблица А.2 – Классификация и кодировка по области применения

| Наименование | Обозначение |
|---|-------------|
| <i>Раздел - Элемент Автомобильной дороги</i> | |
| Автомобильная дорога | АД |
| Искусственные дорожные сооружения | ИС |
| Защитные дорожные сооружения | ЗС |
| Элементы обустройства | ЭО |
| Производственные объекты | ПО |
| <i>Подраздел - Искусственные дорожные сооружения</i> | |
| Мостовое сооружение | МС |
| Надземный пешеходный переход | ПП |
| Водопропускная труба | ВПТ |
| Автодорожный тоннель | ТН |
| Очистное сооружение | ОС |
| <i>Класс</i> | |
| Конструкция | I |
| Материал | II |
| Изделие | III |
| Примечание – Для ПКМ, эксплуатируемых в диапазоне температур от - 45°С до + 60°С, кодировка не назначается. Для эксплуатируемых в диапазоне температур свыше + 60°С – дополнительно добавляется обозначение «Х», ниже - 45°С – «Т». | |

Пример обозначения кода вида полимерного композиционного материала приведен на рисунке А.1.

| Код материала | Условное обозначение | | | | |
|---------------|---------------------------------|------------------------------|------------------|-----------|--|
| | Природа армирующего наполнителя | Типу армирующего наполнителя | Типу армирования | Структура | |
| П-СТ-В-1-І | СТ | В | 1 | І | |
| П-СТ-В | СТ | В | | | |

Рисунок А.1 – Пример обозначения кода вида полимерного композиционного материала

Пример обозначения кода по области применения приведен на рисунке А.2.

| Код материала | Условное обозначение | | | | | | | |
|---|----------------------|----|-----------|----|-------|---|-----|---|
| | Раздел | - | Подраздел | - | Класс | - | Доп | |
| Откосный водоотводной лоток на автомобильной дороге | АД - I | АД | - | | - | I | - | T |
| Перильное ограждение тротуаров мостового сооружения | ИС-МС-I | ИС | - | МС | - | I | | |
| Пролетное строение пешеходного перехода | ИС-ПП-I | ИС | | ПП | - | I | | |

Рисунок А.2 – Пример обозначения кода по области применения

Приложение Б (справочное)

Физико-механические характеристики полимерных композиционных материалов для определения остаточного ресурса

Значения физико-механических характеристик полимерных композиционных материалов со стекляннм армирующим наполнителем (стеклопластиковых) несущих конструктивных элементов мостов 0 – 0, приведенных в таблицах Б.1 – Б.6 контролируются по ГОСТ 33119, ГОСТ 33376.

Таблица Б.1 – Сопротивления пултрузионных профилей, пролётных строений, лестничных сходов, секций настилов, перил, лотков армированных волокнами из Е-стекла

| Вид напряженного состояния | Направление армирующих волокон | Минимальные значения нормативных сопротивлений, МПа |
|----------------------------|--------------------------------|---|
| Растяжение | продольное | 184,1 |
| | поперечное | 38,4 |
| Сжатие | продольное | 150,8 |
| | поперечное | 55,3 |
| Изгиб | продольное | 184,1 |
| | поперечное | 76,5 |
| Сдвиг | продольное | Не менее 20,7 |
| | поперечное | |

Таблица Б.2 – Параметры жесткости пултрузионных профилей

| Параметр жесткости | Минимальное среднее значение |
|--|------------------------------|
| Модуль упругости при растяжении профилей с толщиной стенки более 10 мм в продольном направлении, МПа | 28 000 |
| Модуль упругости при растяжении профилей с толщиной стенки менее 10 мм в продольном направлении, МПа | 23 000 |
| Модуль упругости в поперечном направлении, МПа | 8 500 |
| Модуль сдвига, МПа | 3 000 |
| Коэффициент Пуассона в продольно-поперечном направлении | 0,23 |

Таблица Б.3 – Временные сопротивления ламинатов, для конструкций, изготовленных по технологии инфузии плотностью около 1700 кг/м³

| Вид напряжённого состояния | Направление армирующих волокон | Минимальное среднее значение, МПа |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Растяжение | Продольное | 600 |
| | Поперечное | 40 |
| Сжатие | Продольное | 400 |
| | Поперечное | 100 |
| Межслоевой сдвиг | Продольное, поперечное | 50 |
| Изгиб | Продольное, поперечное | 400 |

Таблица Б.4 – Нормативные физико-механические характеристики полимерных композитов водопропускных труб и водоотводных лотков в продольном (1) и поперечном направлении (2).

| Наименование показателя | Значение в направлениях (1) / (2) | Методы испытаний |
|---|-----------------------------------|------------------|
| 1. Плотность, г/см ³ не более | 1,9 | ГОСТ 15139 |
| 2. Предел прочности при изгибе, МПа, не менее | 140 / 45 | ГОСТ 4648 |
| 3. Модуль упругости при изгибе, МПа, не менее | 10000/5000 | ГОСТ 9550 |
| 4. Предел прочности при сжатии, МПа, не менее | 100 / 70 | ГОСТ 4651 |
| 5 Предел прочности при растяжении, МПа, не менее | 140 / 32 | ГОСТ 11262 |
| 6. Модуль упругости при растяжении, МПа, не менее | трубы | 16000 |
| | лотки | 11000 |
| 7. Водопоглощение за 24 часа, при T= 23+/-2 °С % не более | 0,7 | ГОСТ 4650 |
| 8. Ударная вязкость, КДж/м ² для лотков | 100-250 | ГОСТ 4647 |
| 9. Морозостойкость | F300 в солях | ГОСТ 33119 |
| 10. Горючесть для лотков | Трудногораемый | ГОСТ 15139 |
| 11. Индекс распространения пламени для лотков | 20 | ГОСТ 4648 |
| 12. Коэффициент гидравлической шероховатости для лотков | 0,01 | |

Таблица Б.5 – Нормативные минимальные значения модулей упругости E_1 и E_2 (МПа), модуля сдвига G_{12} (МПа), а также коэффициента Пуассона ν_{12} для слоёв ламината по направлению армирующих волокон в продольном (1) и поперечном (2) направлениях в зависимости от их объёмной доли, V_f (%).

| Тип армирования | V_f | E_1 | E_2 | G_{12} | ν_{12} |
|--|-------|-------|-------|----------|------------|
| Однонаправленные волокна | 40 | 29900 | 8600 | 2700 | 0.3 |
| | 45 | 33300 | 9700 | 3000 | 0.3 |
| | 50 | 36600 | 11000 | 3400 | 0.3 |
| | 55 | 39900 | 12400 | 3800 | 0.3 |
| | 60 | 43300 | 14200 | 4400 | 0.3 |
| | 65 | 46600 | 16200 | 4900 | 0.3 |
| | 70 | 49900 | 18700 | 5800 | 0.3 |
| Перекрёстные волокна с одинаковым содержанием волокон по двум ортогональным направлениям | 25 | 12500 | 12500 | 2000 | 0.2 |
| | 30 | 14400 | 14400 | 2100 | 0.2 |
| | 35 | 16400 | 16400 | 2300 | 0.2 |
| | 40 | 18400 | 18400 | 2600 | 0.2 |
| | 45 | 20600 | 20600 | 2900 | 0.2 |
| | 50 | 22800 | 22800 | 3300 | 0.2 |
| | 55 | 25100 | 25100 | 3600 | 0.2 |

Таблица Б.6 – Изменение прочности на растяжение и сжатие в направлениях 0° и 90° полимерных композитов

| Характеристика сопротивления воздействию | Метод реализации | Рекомендуемое значение частного коэффициента* |
|---|--|---|
| Морозостойкость | Марка F 300. В солях. По ГОСТ 33119 (п. 9.6) | 1,1 |
| Влагостойкость | По ГОСТ 33119 (п. 9.7) | 1,3 |
| Термостойкость | По ГОСТ 33119 (п. 9.8) | 1,2 |
| Климатическое старение | По ГОСТ 33119 (п. 9.9) | 1,3 |
| Ползучесть | По ГОСТ 33119 (п. 9.10) | 1,37 – 2,50 (ср. значение 1.66) |
| Выносливость | По ГОСТ 33119 (приложение Г) | 1,1 |
| Истираемость проходной части | По ГОСТ 13087 | менее 10,0 мм ³ /м |
| *) Коэффициент сохранения свойств определяется отношением значения свойства материала до приложения воздействия к значению свойства после окончания приложенного воздействия. | | |

Приложение В (справочное)

Условия эксплуатации и долговечность пролётных строений мостов, пешеходных сходов, настилов, перил, водопропускных труб и лотков

Полимерные композитные конструкции транспортных сооружений должны быть пригодны для эксплуатации в условиях, расчётных температур воздуха, определяемых по СП 131.13330 в холодный период года для наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,98 и в тёплый период года с температурой воздуха с обеспеченностью 0,98 в диапазоне температур от - 45°С до + 60°С, в географических районах с сейсмичностью до 9 баллов, зонах влажности от сухой до влажной по СП 50.13330 и степени агрессивности среды не более чем «слабоагрессивная» по СП 28.13330.

Характеристики огнестойкости и пожарной опасности полимерных композитов мостовых конструкций должны обеспечить безопасную эвакуацию людей, находящихся на мостах и путепроводах.

Предел огнестойкости несущих конструкций должен быть не менее RE 30 по ГОСТ 30247.0 и ГОСТ 30247.1.

Значения характеристик пожарной опасности полимерных композитов устанавливаются в проектах с учётом положений рекомендаций 0 и должны быть не менее значений по ГОСТ 33119:

| | | |
|---------------------|-------|------------------------------------|
| Г2 по ГОСТ 30244 | | для горючести; |
| В2 по ГОСТ 30402 | | для воспламеняемости; |
| Д2 по ГОСТ 12.1.044 | | для дымообразующей способности; |
| Т2 по ГОСТ 12.1.044 | | для токсичности продуктов горения. |

Значения температуры хрупкости и максимальной температуры упругой деформации полимерных композитов конструкций дорожных сооружений должны находиться за пределами диапазона расчётных температур эксплуатации сооружения на величину не менее 30°С.

Поверхности полимерных композитных конструкций пролётных строений мостов, пешеходных сходов и настилов должны содержать защитное покрытие, обеспечивающее стойкость полимерного композита к внешним воздействиям (ультрафиолетовое излучение, истирающие воздействия, влажность и др.).

Отметка верха водоотводного лотка должна быть меньше примыкающей поверхности мостового полотна не менее чем на 1 см, при этом отметка дна лотка должна быть ниже отметки бровки дорожного полотна не менее чем на 0,5 м 0.

В стенках лотков мостового полотна нижние дренажные отверстия должны располагаться на отметке поверхности гидроизоляции ± 1 см.

Для секций лотков, выполненных с уклоном днища, указанный уклон должен быть не меньше, чем 0,5 %.

Перепад отметок днища стыкуемых секций лотков не должен превышать 6.0 мм 0.

Продольный уклон поверхности лотка водопропускных труб из ПКМ должен находиться в диапазоне значений $0,002 \div 0,05$. Применение более крутых уклонов допускается при индивидуальном проектировании со специальными мероприятиями гашения скорости потока в полимерных композиционных трубах и на выходе (например, водобойные колодцы и др.).

Величина строительного подъема трубы с учётом осадки трубы в середине поперечного сечения насыпи (Н) должна быть не менее:

- $1/80Н$ при песчаных, галечниковых и гравелистых грунтах основания;
- $1/50Н$ при глинистых, суглинистых и супесчаных грунтах основания;
- $1/40Н$ при грунтовых основаниях из песчано-гравелистой (песчано-щебенистой)

смеси;

Перпендикулярность торцевой поверхности к продольной оси звена трубы должна быть не более, указанной в таблице В.1.

Звенья труб из полимерных композиционных материалов должны сохранять прямолинейность продольной оси. Отклонение продольной оси от прямолинейности (кривизна) не должно превышать – 1 мм на 1 пог. м трубы.

Т а б л и ц а В . 1 – Предельные отклонения от перпендикулярности торцевой поверхности

| Номинальный диаметр трубы (DN), мм | Отклонение, мм |
|------------------------------------|----------------|
| От 500 до 700 | 4,4 |
| От 800 до 1400 | 8,0 |
| От 1500 до 2000 | 10,0 |
| Более 2000 | 12,0 |

Звенья труб должны иметь гладкую однородную внутреннюю поверхность без расслоений, раковин, углублений, царапин, неоднородностей и инородных включений за исключением пузырьков газа.

На внутренней поверхности звеньев не должны визуализироваться оголенные полосы стекловолокна.

Допускается наличие на наружной поверхности волнистости, неровностей, наплывов, небольших раковин.

Приложение Г
(справочное)

**Рекомендуемые на стадии приемки в эксплуатацию требования к
допустимым отклонениям размеров ПКК от проектных величин**

Таблица Г.1 – Допустимые отклонения от проектных параметров формы и размеров пролетных строений, пешеходных сходов и настилов мостов

| Наименование отклонения | Предельное отклонение, мм |
|--|-------------------------------|
| 1 Отклонение длины конструктивного элемента при длине L, мм: 1.1 Балки, фермы: - до 50000 включительно; - свыше 50000. | ± 10 $0,0002L$ |
| 2 Отклонение расстояний между соседними узлами соединений балок, поясов или связей в т.ч. ферм и сходов при расстоянии ℓ , мм: до 9000 включительно; свыше 9000 | $0,0003\ell$ ± 3 |
| 3 Отклонение от проектных значений величин строительного подъема пролетного строения, h, мм: до 100 включительно свыше 100 | ± 10 $\pm 0,1h$ |
| 4 Отклонение от проектного положения в плане оси главной балки, фермы, секции настила при пролете L, мм | $0,0002L$ |
| 5 Отклонение в плане узла от прямой, соединяющей два соседних с ним узла при длине L, мм | $0,001L$ |
| 6 Отклонение расстояний между осями вертикальных стенок продольных конструктивных элементов, в т.ч. балок | ± 4 |
| 7 Отклонение расстояний между смежными вертикальными ребрами жесткости, а также отклонение расстояний между поперечными балками ферменных пролётных строений и сходов | ± 2 |
| 8 Отклонение расстояний между осями продольных ребер в зоне стыков и пересечений -с поперечными балками - на других участках 8.1 Отклонение от вертикального положения ребер и полок настилов | ± 2 ± 4 ± 5 |
| 9 Отклонения по высоте конструктивных элементов, балок в зоне стыков | ± 2 |

Окончание таблицы Г.1

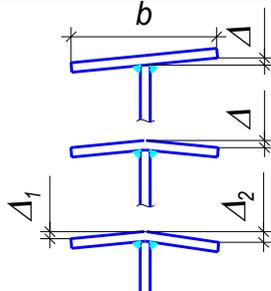
| | |
|---|--|
| <p>10 Допускаемый выгиб осей конструктивных элементов длиной ℓ, мм: -отдельных элементов главных ферм, балок, сходов, секций настила -элементов связей</p> | <p>0,001ℓ но не более 10 0,0015ℓ но не более 15</p> |
| <p>11. Грибовидность, перекося, грибовидность с перекосям поясов балок, пултрузионных замкнутых профилей, плит (для коробчатых профилей и плит b - величина свободного свеса пояса, связи или настила, для двутавровых балок - ширина пояса)</p> <p>11.1 В стыках, в местах сопряжения балок с другими элементами, в зонах установки опорных частей 11.2 На других участках</p> |  <p>$b/200$, но не более 1 $b/100$ при $\Delta_1 - \Delta_2 \leq 3$</p> |
| <p>12. Отклонения в размерах настилов, мм: - длине - по ширине - по высоте секции - по длинам диагоналей в плане</p> | <p>± 2 ± 1 ± 2 ± 2</p> |

Таблица Г.2 – Допустимые для лотков отклонения от проектных размеров

| Параметр лотка | Номинальное значение, мм | Предельное отклонение, мм |
|----------------|--------------------------|---------------------------------------|
| Длина (L), мм | $L \leq 1000$ | $\pm 2,0$ |
| | $1000 < L \leq 4000$ | $\pm 4,0$ |
| | $L > 4000$ | $\pm 5,0$ |
| Ширина (b), мм | $b \leq 500$ | $\pm 2,0$ |
| | $500 < b \leq 1000$ | $\pm 3,0$ |
| Высота (h), мм | $h \leq 200$ | $\pm 2,0$ |
| | $h > 200$ | $\pm 1,0$ % с максимумом $\pm 3,0$ мм |

Таблица Г.3 – Максимально допускаемое сужение поперечного сечения лотков Δ_n

| Ширина лотка | 100 | 150 | 200 | 300 | 380 | 400 | 500 |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Сужение Δ_n , мм | 20 | 30 | 40 | 50 | 70 | 80 | 120 |

Овальность звена трубы определяемая, как разность значений диаметра трубы в двух взаимно перпендикулярных направлениях, отнесённая к проектному значению внутреннего диаметра, не должна превышать 1 %.

Перпендикулярность торцевой поверхности трубы к продольной оси звена должна быть не более, указанной в таблице Г.4.

Т а б л и ц а Г . 4 – Предельные отклонения от перпендикулярности торцевой поверхности трубы ПКМ

| Проектный диаметр трубы (DN), мм | Отклонение, мм |
|----------------------------------|----------------|
| От 500 до 700 | 4,4 |
| От 800 до 1400 | 8,0 |
| От 1500 до 2000 | 10,0 |
| Более 2000 | 12,0 |

При отклонениях от проектных величин положения и размеров возведенных конструкций мостовых конструкций и водопропускных труб, обнаруженных во время обследований при контрольных промерах и инструментальных съемках, указанные отклонения необходимо оценивать с точки зрения влияния на несущую способность и эксплуатационные качества сооружений. При этом следует проверять соблюдение основных габаритных требований, размеров температурных зазоров, соблюдение назначенных проектом уклонов.

Приложение Д (справочное)

Способы выявления эксплуатационных дефектов и методы измерения их параметров

Выявление эксплуатационных дефектов (повреждений) полимерно- композитных конструкций транспортного назначения является обязательной и неотъемлемой частью мероприятий по поддержанию их в работоспособном состоянии.

Существует два основных способа выявления эксплуатационных дефектов ПКК – визуальный (визуально-оптический) и инструментальный.

Визуальный способ контроля осуществляется непосредственно органами зрения оператора с применением измерительных инструментов трафаретов, линеек, щупов, глубиномеров и др. Визуально-оптический способ предусматривает применение оптических приборов лупы, линз, микроскопов, эндоскопов и телевизионных устройств.

Для определения параметров эксплуатационных дефектов ПКК транспортных сооружений наиболее рациональными являются следующие методы измерений параметров дефектов:

- механический неразрушающий метод ударного импульса ГОСТ 22690 для определения прочности полимерного композита;
- механические разрушающие методы испытаний физико-механических свойств ПКМ, в том числе указанных в Приложении Б, и, которые связаны с прямыми испытаниями образцов ПКМ, изъятых из эксплуатируемых конструкций;
- различные виды акустические методов ГОСТ 20415 (в т.ч. магнитный, вихретоковый, импедансный метод), применяемых также для определения толщины защитных покрытий с использованием приборов, приведенных в ГОСТ 33146-2014 (п. 4.4.2.5) для магнитного контроля;
- компьютерная томография ГОСТ Р 56787;
- радиоскопия ГОСТ Р 56787;
- ультразвуковой контроль ГОСТ Р 56542.

К современным методам используемым для диагностики напряжённо-деформированного состояния ПКК следует отнести различные автоматизированные системы измерения, работающие в режиме непрерывной записи показаний.

В частности, компьютерно-измерительные системы используются для вибродиагностики пролётных строений, осуществляемой с целью определения периода

собственных колебаний автодорожных и пешеходных мостов, диапазон которых ограничен по СП 35.13330.

Из приведённых в таблице Д.1 методов измерений параметров дефектов наиболее универсальными, охватывающими большинство дефектов конструкций, являются метод компьютерной томографии (рентген) и ультразвуковой метод. Вместе с тем, в силу удобства использования, акустический и визуально-инструментальные методы также следует применять для диагностики ПКК.

На практике для определения дефектов конструкций транспортных сооружений, выполненных из полимерно-композитных материалов, могут быть использованы различные дефектоскопы, описанные в Приложении Е.

Таблица Д.1 – Области рационального применения методов неразрушающего контроля для ПКК транспортного назначения

| Метод Дефект | Акусти- ческая эмиссия | Компью- терная томогра- фия (рентген) | Рентге- нография Радио- скопия | Термо- графи- ческий | Ультразв уковой | Визу- ально- измери- тельный |
|-------------------------------------|------------------------------|---|---|----------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Загрязнение | | + | + | | + | + |
| Повреждение наполнителя | + | + | + | | | |
| Расслоение | + | + | | + | + | + |
| Изменение плотности | | + | + | + | + | |
| Нарушение связей между волокнами | + | + | | + | | |
| Разрывы | + | + | + | + | + | + |
| Включения | | + | + | + | + | + |
| Микротрещины | + | + | + | | + | |
| Влага | | + | + | + | + | |
| Пористость | + | + | + | + | + | |
| Изменение толщины | | + | + | + | + | |
| Недоотверждение | | | | | + | |
| Пустоты | + | + | + | + | + | |

При назначении метода измерений и выбора марки прибора при диагностике технического состояния конкретного элемента ПКК с учётом особенностей его работы следует руководствоваться требованиями, установленными в СП 79.13330, ГОСТ 33146 рекомендациях ОДМ 218.2.044-2014 0.

В таблице Д.2 представлены некоторые виды приборных измерений неразрушающими методами, которые составлены с учётом Приложения Б ОДМ 218.2.044-2014 0.

Разрушающие методы определения физико-механических свойств полимерных композитов путём прямых испытаний образцов, изъятых из эксплуатируемых конструкций, следует применять при оценке технического состояния элементов с целью определения степени их фактического износа и назначения срока остаточной эксплуатации или ремонта.

Т а б л и ц а Д . 2 – Неразрушающие методы, применяемые при исследовании и контроле свойств полимерно-композитных конструкций

| Исследуемые параметры | Методы контроля | Нормативные и методические документы |
|---|--|--------------------------------------|
| Прочность полимерного композита в конструкциях с использованием градировочной зависимости | Метод ударного импульса Ультразвуковой метод | ГОСТ 22690 |
| Наличия и параметры трещин, расслоений, обнажения армирующих волокон | Акустический, ультразвуковой, радиоскопия, компьютерная томография. Визуально-оптический. | ГОСТ Р 56787 ГОСТ 58399 |
| Толщина пояса (ламели) цельнокомпозитной балки. Толщина стенки водопропускной трубы. | Ультразвуковой метод | ГОСТ Р 55614 |
| Толщина защитного покрытия конструктивных элементов | Акустические методы. Ультразвуковой. Магнитоиндукционный, магнитоотрывной, вихретоковый. | ГОСТ Р 55614 |

Приложение Е

(справочное)

Дефектоскопы

Ультразвуковые дефектоскопы реализуют ультразвуковые методы диагностики полимерно - композитных материалов в соответствии с требованиями ГОСТ Р 56542, которые основаны на регистрации и анализе интенсивности пропускаемого или отражаемого объектом ультразвукового сигнала. Ультразвуковая энергия генерируется короткими импульсами при помощи пьезоэлектрических преобразователей. Используемые частоты, как правило, находятся в диапазоне от 1 до 25 МГц.

Импульсные дефектоскопы используют эхо-метод, теневой и зеркально-теневой методы контроля. Эхо-метод основан на послылке дефектоскопом в изделие коротких импульсов ультразвуковых колебаний и регистрации интенсивности и времени прихода эхосигналов, отражённых от дефектов. Для контроля изделия датчик эхо-дефектоскопа сканирует его поверхность. Метод позволяет обнаруживать поверхностные и глубинные дефекты с различной ориентировкой. При теневом методе ультразвуковые колебания, встретив на своём пути дефект, отражаются обратно в дефектоскоп. О наличии дефекта судят по уменьшению энергии ультразвуковых колебаний или по изменению фазы ультразвуковых колебаний, огибающих дефект. Зеркально-теневой метод используют вместо или в дополнение к эхо-методу для выявления дефектов, дающих слабое отражение ультразвуковых волн в направлении раздельно-совмещенного преобразователя. Дефекты (например, вертикальные трещины), ориентированные перпендикулярно поверхности, по которой перемещают преобразователь (поверхности ввода), дают очень слабый рассеянный сигнал и донный сигнал.

Импедансные дефектоскопы

Принцип работы импедансных дефектоскопов основан на различии полного механического сопротивления (импеданса) дефектного участка по сравнению с доброкачественным и заключается в измерении импеданса изделия прибором, сканирующим поверхность и возбуждающим в изделии упругие колебания звуковой частоты. Этим методом можно выявлять дефекты в клеевых, и др. соединениях, между тонкой обшивкой и элементами жёсткости или заполнителями в многослойных инфузионных конструкциях.

Резонансные дефектоскопы

Основаны на определении собственных резонансных частот упругих колебаний (частотой 1—10 МГц) при возбуждении их в изделии. Этим методом измеряют толщину стенок изделий. При возможности измерения с одной стороны поверхности точность измерения составляет около 1%. Кроме того, этим методом можно выявлять зоны расслоения элемента.

Другие методы акустической дефектоскопии:

- акустико-эмиссионный дефектоскоп основан на приеме и анализе волн акустической эмиссии, возникающих в изделии при развитии трещин в процессе его нагружения.

- велосиметрический дефектоскоп основан на измерении изменения скорости распространения упругих волн в зоне расположения дефектов в многослойных конструкциях, используется для обнаружения зон нарушения сцепления между слоями.

Акустико-топографический дефектоскоп основан на возбуждении в контролируемом изделии мощных изгибных колебаний заданной (в первом варианте метода) или непрерывно меняющейся (во втором варианте) частоты с одновременной визуализацией картины колебаний поверхности изделия, напр. путём нанесения на эту поверхность тонкодисперсного порошка. При достаточно сильных колебаниях поверхности изделия с заданной частотой частицы порошка из мест, не принадлежащих узлам, постепенно смещаются к узлам колебаний, рисуя картину распределения узловых линий на поверхности. Для бездефектного изотропного материала эта картина получается чёткой и непрерывной. В зоне дефекта картина меняется: узловые линии искажаются в месте наличия включений, а также на участках, характеризующихся анизотропией механических свойств, или прерываются при наличии расслоения. Если используется второй вариант метода, то при наличии расслоения, находящийся над расслоением участок верхнего слоя изделия рассматривается как колеблющаяся, закреплённая по краю диафрагма; в момент резонанса, амплитуда её колебаний резко возрастает, и частицы порошка перемещаются к границам дефектной зоны, оконтуривая её с большой точностью. Работа дефектоскопа ведётся на частотах 30—200 кГц. Чувствительность метода весьма высока: в многослойном изделии с толщиной верхнего листа 0,25 мм обнаруживаются дефекты протяжённостью 1 —1,5 мм. Мёртвая зона отсутствует, сканирование не требуется — излучатель прижимается к поверхности изделия в одной точке.

Магнитно-порошковые дефектоскопы

Эти дефектоскопы позволяют контролировать различные по форме детали, внутренние поверхности отверстий, намагничивая отдельные участки или изделия в целом циркулярным или продольным полем, создаваемым с помощью набора намагничивающих устройств, питаемых импульсным или постоянным током, или с помощью постоянных магнитов. Принцип действия магнитно-порошкового дефектоскопа основан на создании поля рассеяния над дефектами с последующим выявлением их магнитной суспензией. Наибольшая плотность магнитных силовых линий поля рассеяния наблюдается непосредственно над дефектом и уменьшается с удалением от нее. Для обнаружения дефекта на поверхность детали наносят магнитный порошок, взвешенный в воздухе (сухим способом) или в жидкости (мокрым способом). В магнитном поле частицы намагничиваются и соединяются в цепочки. Под действием результирующей силы частицы накапливаются над трещиной, образуя скопление порошка. По этому осаждению – индикаторному рисунку - определяют наличие дефектов.

Вихретоковые дефектоскопы

Принцип действия вихретоковых дефектоскопов заключается в возбуждении вихревых токов в локальной зоне контроля и регистрации изменений их электромагнитного поля, обусловленных дефектом и электрофизическими свойствами объекта контроля.

Электроискровые дефектоскопы

Принцип действия дефектоскопов основан на электрическом пробое воздушных промежутков между касающимися поверхности изоляционного покрытия щупом, подключенным к одному полюсу источника высокого напряжения, и диагностируемым объектом, подключенным к другому полюсу источника высокого напряжения непосредственно или через грунт при помощи заземлителя.

Радиационные дефектоскопы

В этих дефектоскопах осуществляется облучение объектов рентгеновскими, α -, β - и γ -лучами, а также нейтронами. Радиационное изображение дефекта преобразуют в радиографический снимок (радиография), электрический сигнал (радиометрия) или световое изображение на выходном экране радиационно-оптического преобразователя или дефектоскопа (радиационная интроскопия, радиоскопия).

Инфракрасные дефектоскопы

Инфракрасные дефектоскопы используют инфракрасные (тепловые) лучи для обнаружения непрозрачных для видимого света включений. Так называемое

инфракрасное изображение дефекта получают в проходящем, отражённом или собственном излучении исследуемого изделия.

Радиоволновые дефектоскопы основаны на проникающих свойствах радиоволн сантиметрового и миллиметрового диапазонов (микрорадиоволн), позволяет обнаруживать дефекты главным образом на поверхности изделий обычно из неметаллических материалов. Радиодефектоскопия металлических изделий из-за малой проникающей способности микрорадиоволн ограничена. Этим методом определяют дефекты в стальных изделиях, а также измеряют их толщину или диаметр, толщину диэлектрических покрытий и т.д. От генератора, работающего в непрерывном или импульсном режиме, микрорадиоволны через рупорные антенны дефектоскопа проникают в изделие и, пройдя усилитель принятых сигналов, регистрируются приёмным устройством.

Электронно-оптические дефектоскопы предназначены для дистанционного контроля высоковольтного энергетического оборудования находящегося под напряжением. В основе метода диагностики лежит определение характеристик коронных (КР) и поверхностно-частичных разрядов (ПЧР), а так же их зависимостей от величины напряжения и степени загрязнения изоляции.

Капиллярный дефектоскоп представляет собой совокупность приборов капиллярного неразрушающего контроля. Методы капиллярной дефектоскопии позволяют обнаруживать невооружённым глазом тонкие поверхностные трещины и др. несплошности материала, образующиеся при изготовлении и эксплуатации деталей машин. Полости поверхностных трещин заполняют специальными индикаторными веществами (пенетрантами), проникающими в них под действием сил капиллярности. Для так называемого люминесцентного метода пенетранты составляют на основе люминофоров (керосин, нориол и др.).

Приложение Ж

Пример оценки технического состояния полимерно-композитного пролётного строения пешеходного путепровода

Исходные данные гипотетического пролётного строения путепровода.

Объект: Полимерно-композитное пролётное строение в составе надземного пешеходного перехода выполнено из стеклопластиковых пултрузионных профилей с болтовыми соединениями в узлах. Состоит из двух ферм, объединённых поперечными связями. Стеклопластиковый профильный настил проходной части, размещённый на нижних поперечных связях в уровне нижних поясов ферм снабжён износостойким полимерным покрытием.

Пролётное строение имеет длину 33.37м. Габарит проходной части – 3.00 м. Ширина проходной части между внутренними боковыми поверхностями ферм в свету - 3.1м. Высота перил 1.1 м. Подмостовой габарит – 5.1м.

Опорные части стальные, тангенциального типа, воспринимающие вертикальные нагрузки, действующие на «отрыв» пролётного строения.

Надземный пешеходный переход расположен над автомобильной дорогой категории I-б с расчётной скоростью движения автотранспорта 120 км/час, в IV климатической зоне районирования (СП 34.13330).

Среднегодовой максимум температур составляет + 34 ...+36 градусов, минимум: - 27 ... - 31 градусов. Наибольшая скорость ветра равна 6.3 м/сек, снеговой покров в среднем имеет толщину около 20 см.

Оценка технического состояния пролётного строения.

Данные обследования

Значительных дефектов не обнаружено. Дефекты пролётного строения связаны, главным образом, с дефектами свето-влаго защитного покрытия поверхностей, а также местных отклонений от габарита проходной части (таблица Ж.1).

Конструктивный коэффициент, полученный по данным испытаний на статическую нагрузку получился равным 0.61.

Перечень индексов дефектов:

Б1 = 2 шт.; Б2 = 1 шт.

Д1 = 7 шт.; Д2 = 2 шт.; Д3 = 1 шт.

Г1 = 0; Г2 = 1 шт.

Безопасность эксплуатации

Показатель K_b технического состояния потребительского свойства по безопасности

эксплуатации определяется по приложению В 0, на основе значения уровня дефектности этого свойства по формуле (3) настоящей методики:

$$V_6 = 6 - 2 - [(1 - 1 / (0.4 + 1)) * 0.25] = 3.928$$

По приложению В 0 устанавливаем показатель $K_B = 3$ с категорией «удовлетворительное» для потребительского свойства безопасность.

Таблица Ж.1 – Ведомость дефектов и повреждений (гипотетические дефекты)

| № п/п | Название дефекта | Описание и расположение дефекта | Параметры и их значения | Категория | | | | Примечание |
|--|---|---|-----------------------------------|-----------|---|---|---|-----------------------|
| | | | | Б | Д | Г | Р | |
| 1. Общие дефекты пролётного строения | | | | | | | | |
| 1.1 | Расстройство архитектурного элемента | Частичное отсутствие краски декоративных кожухов на узлах ферм | F=5 см ² x 6 шт. узлов | | 1 | | 1 | Нужна покраска кожуха |
| 1.2 | Наличие граффити | На светопрозрачном покрытии по концам пролёта | F= 0.5 м ² x 3 шт. | | | | 2 | |
| 1.3 | Габарит по высоте проходной части | Местное уменьшение габариты в долях единицы от проектной высоты 2,5 м | 0.96 2 шт. | 1 | | | 1 | В середине пролёта |
| 1.4 | Несоответствие толщины полок уголков поперечных связей проекту | Толщина уголков пултрузионных профилей меньше проектных размеров | 5 шт. уголков | | 1 | | 1 | |
| 2. Деформационный шов | | | | | | | | |
| 2.1 | Несоответствие марки материала проектным требованиям | Марка уплотняющего элемента не соответствует проектной. Работоспособность обеспечена | 1 деф. шов | | 1 | | | Опора №1 |
| 2.2 | Чрезмерная ширина зазора в шве открытого типа | Ширина зазора до 15 см | 1 деф. шов | 1 | 2 | 0 | 2 | Опора №1 |
| 3. Мостовое полотно: габариты проходной части, дорожная одежда, настил, ограждения, светозащитное галерея | | | | | | | | |
| 3.1 | Разрушение (износ) покрытия проходной части | Локальные без затруднения прохода участки износа покрытия проходной части | F ≤ 10 см ² x 22 шт. | 1 | 3 | | 3 | Края пролёта |
| 3.2 | Разрушение защитного покрытия поверхностей пултрузионных профилей | Перила, элементы свето-прозрачного ограждения. Глубина повреждения менее толщины покрытия | F ≤ 2 см ² x 10 шт. | | 2 | | 1 | Середина пролёта |

Окончание таблицы Ж.1

| | | | | | | | | |
|--|---|---|---------------------------------|---|---|--|---|---------------|
| 3.3 | Сужение сечения лотков | Максимальное сужение лотка | Менее 0.2 В, 3 шт. | | 1 | | 2 | |
| 3.4 | Расстройство перильного ограждения | Механическое повреждение, работоспособность сохраняется | 3 шт. локализации | 1 | 1 | | 2 | |
| 4. Пролётное строение: несущие конструкции | | | | | | | | |
| 4.1 | Несоответствие деталей конструкции проектным требованиям | В узле фермы применены оцинкованные болты вместо болтов из коррозионно-стойких сталей | 3 шт. | | 1 | | 1 | Низовая ферма |
| 4.2 | Нарушение свето- влаго-защитного покрытия несущих элементов | Локальный непрокрас поверхности | $F \leq 2 \text{ см}^2$ х 6 шт. | | 1 | | 1 | Обе фермы |

Показатель габарита прохожей части путепровода по высоте (K_{mp}) не соответствует проектным требованиям. Поэтому по приложению Ж 0 принимаем $K_{mp} = 3$.

Категория по «грузоподъёмности», характеризуемая показателем K_G установлена по таблице приложения Г 0 с учётом данных статических испытаний и определяется как «хорошее состояние», т.е. конструкции пролётного строения соответствуют требованиям проектной документации по грузоподъёмности для пропуска пешеходов в проектном режиме без ограничений при $K_G = 4$.

Долговечность характеризуется показателем K_D и вычисляется по формулам (4, 5) настоящей методики.

Расчётные значения параметров дефектности пролётного строения:

Мостовое полотно:

Дефекты: Д1 – 2 шт.; Д2 – 1 шт.; Д3 – 1 шт.

$$V_{Дi} = 6-3 - [(1- 1/ (2:5 + 1))*0.0714 + (1-1/(1:5 + 1)* 0.2143)] = 2.943$$

$K_{Дi} = 2$ по таблице Д1 0.

Пролётное строение (включая деформационные швы и лотки):

Дефекты: Д1 – 6 шт.; Д2 – 1 шт.; Д3 – 1 шт.

$$V_{Дi} = 6-3 - [(1- 1/ (6:5 + 1))*0.0714 + (1-1/(1:5 + 1)* 0.2143)] = 2.92$$

$K_{Дi} = 2$ по таблице Д1 0.

Показатель средней долговечности $K_D^{срeд} = (2 + 2) / 2 = 2$.

Показатель минимальной долговечности $K_D^{мин} = 2$.

Показатель технического состояния пролётного строения по долговечности K_D равен $0.5 * (2+2) = 2$.

Безопасность характеризуется показателем K_B , который определяется по Приложению В 0 на основании значения параметра дефектности по безопасности V_B , определяемого по п. 7.2 0 и равного $V_B = 4.63$. Показатель $K_B = 4$.

Обобщённый показатель технического состояния композитного моста определяется по формуле:

$$V_{об} = 0.5 * ((K_B + K_G + K_D) / 3 + K_{min}) = 0.5 * ((4+4+2)/3 + 2) = 2.7$$

Вывод по оценке технического состояния полимерно-композитного пролётного строения пешеходного путепровода

Техническое состояния полимерно-композитного пролётного строения пешеходного путепровода в соответствии с таблицей Б.1 Приложения Б 0 может быть оценено как неудовлетворительное со следующими характеристиками:

Долговечность не обеспечена. Рассматриваемая конструкция имеет малый срок службы. Элементы могут иметь дефекты, свидетельствующие о наступлении предельного состояния второй группы.

Качественные условия соответствия:

Выявленные дефекты имеют определяющую максимальную категорию по долговечности ДЗ. Ремонтные мероприятия требуется запланировать в ближайшие 5 лет, не дожидаясь следующего планового обследования.

Показатель вида ремонтного воздействия равен $Kp = 3$ в соответствии с таблицей Е.1 Приложения Е 0:

В основных конструкциях пролётного строения имеются дефекты, отнесенные к категории РЗ.

Для приведения мостового сооружения в исправное состояние требуется ремонт или капитальный ремонт.

Приложение И

Пример расчета оценки эффективности применения конструкций из полимерных композиционных материалов

Для выполнения расчета оценки эффективности применения конструкций из полимерных композиционных материалов рассмотрены перильные ограждения из ПКМ на мостовом сооружении взамен традиционной конструкции металлических перил.

Жизненный цикл перильного ограждения, выполненного из полимерных композиционных материалов принят исходя из расчетного срока службы не менее 50 лет, металлического – 15-18 лет.

Продолжительность расчетного периода принята исходя из межремонтных сроков мостового сооружения: ремонт – 18 лет, капитальный ремонт – 30 лет. Утилизация ограждения из ПКМ происходит на одной из ремонтных стадий. В данном расчете принята на стадии ремонта на 48-м году. Таким образом расчетный срок службы ограждения из ПКМ принят 48 лет.

Расчет выполнен на длину перильного ограждения 100 м. Затраты определены в виде сметной стоимости в ценах 1-го квартала 2017г.

Затраты на строительство металлических перильных ограждений и перильных ограждений из ПКМ составляют соответственно 420,171 тыс. руб. и 627,593 тыс. руб.

Замена металлических перил на всей протяженности предусмотрена при капитальном ремонте и ремонте мостового полотна.

При капитальном ремонте и ремонте перил из ПКМ выполняется их покраска (100%), снятие и установка демонтированного перильного ограждения в момент ремонта мостового полотна.

Работы нормативного содержания металлических перил предусматривают: окраску (100%) и замену отдельных участков (4%).

Работы ежегодного нормативного содержания перил из ПКМ состоят из замены отдельных участков ограждения (2%).

При планово-предупредительном ремонте (ППР) металлических перил производится замена отдельных участков протяженностью 25% каждые 6 лет.

Работы ППР перил из ПКМ включают замену (1%), выправку отдельных участков (1%) и подкрашивание отдельных мест (5%).

В расчете учтены затраты на утилизацию перильных ограждений при их замене.

Утилизация перил из ПКМ предусмотрена на полигоне. При утилизации металлических перил учтена реализация отходов в виде вторичного металла.

Ведомость и периодичность выполнения работ на всех стадиях жизненного цикла для двух вариантов перил представлены в таблице И.1.

Таблица И.1 – Ведомость объемов и периодичность выполнения работ на всех стадиях жизненного цикла для двух вариантов перил

| № п/п | Наименование | Ед. изм. | Объем работ за 1 цикл | Периодичность выполнения работ | Расчетный объем работ (4*5) | Примечание | Ед. изм. | Объем работ за 1 цикл | Периодичность выполнения работ | Расчетный объем работ (9*10) | Примечание |
|--|--|----------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Раздел 1. Строительство | | | | | | | | | | | |
| 1 | Установка перильного ограждения на мосту | т. | 3,8179 | 1 | 3,8179 | 1 п.м.- 0,038179 т. | т. | 0,95 | 1 | 0,95 | 1 п.м.- 0,0095 т. |
| Раздел 2. Ремонтные работы перильного ограждения на стадиях ремонта и капитального ремонта мостового сооружения | | | | | | | | | | | |
| 1 | Замена перильного ограждения | т. | 3,8179 | 100% каждые 18 лет. | 3,8179 | | | | | | |
| 2 | Реализация отходов в виде вторичного металла | т. | 3,8179 | 100% каждые 18 лет. | 3,8179 | Стоимость лома - 10300 руб./т. | | | | | |
| 3 | Снятие и установка перильного ограждения при ремонте мостового полотна | | | | | | т. | 0,95 | 100% каждые 18 лет. | 0,95 | |
| 4 | Окрашивание перил гелькоутом | | | | | | м ² | 154 | 100% каждые 18 лет. | 154 | 1 п.м. - 1,54 м ² |
| Раздел 3. Работы нормативного содержания | | | | | | | | | | | |
| 1 | Окраска перильного ограждения | 100м | 1 | 100% каждый год | 1 | | | | | | |
| | | | | 75% в год проведения ППР | 0,75 | | | | | | |

Окончание таблицы И.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------------------|--|----|--------|-------------------------|----------|---------------------------------|----------------|------|--|--------|-------------------------------------|
| 2 | Замена отдельных участков ограждения | м | 100 | 4% каждый год | 4 | | м | 100 | | 2 | |
| | | | | 0% в год проведения ППР | 0 | | | | | | |
| 3 | Реализация отходов в виде вторичного металла либо утилизация на полигоне | т. | 3,8179 | 4% каждый год | 0,152716 | Стоимость лома - 10300 руб./т. | т. | 0,95 | 2% каждый год | 0,019 | Тариф на утилизацию ПКМ - 5000 р/т. |
| Раздел 4. ППР | | | | | | | | | | | |
| 1 | Замена отдельных участков перильного ограждения | м | 100 | 25% каждые 6 лет | 25 | | м | 100 | 1% каждые 6 лет, в т.ч. в год проведения ремонта | 1 | |
| 2 | Реализация отходов в виде вторичного металла либо утилизация на полигоне | т. | 3,8179 | 25% каждые 6 лет | 0,954475 | Стоимость за тонну - 10300 руб. | т. | 0,95 | | 0,0095 | Тариф на утилизацию ПКМ - 5000 р/т. |
| 3 | Выправка отдельных участков перильного ограждения | | | | | | м ² | 154 | 1% каждые 6 лет, в т.ч. в год проведения ремонта | 1,54 | |
| 4 | Подкрашивание отдельных участков перильного ограждения | | | | | | м ² | 154 | 5% каждые 6 лет (кроме года проведения ремонта) | 7,7 | |

Затраты на выполнение работ приведены в таблице И.2. В расчете исключены сопоставимые затраты на всех стадиях выполнения работ.

Т а б л и ц а И . 2 – Затраты на выполнение работ

| № п/п | Год | Затраты на металлические перильные ограждения, тыс. руб. | | | | | Затраты на перильные ограждения из ПКМ, тыс. руб. | | | | |
|-------|------|--|----------------------------|------------------------|-------|-------------------|---|----------------------------|------------------------|-------|-------------------|
| | | Строительство | Капитальный ремонт, ремонт | Нормативное содержание | ППР | Суммарные затраты | Строительство | Капитальный ремонт, ремонт | Нормативное содержание | ППР | Суммарные затраты |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 0 | 2017 | 420,17 | | | | 420,17 | 627,59 | | | | 627,59 |
| 1 | 2018 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 2 | 2019 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 3 | 2020 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 4 | 2021 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 5 | 2022 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 6 | 2023 | | | 8,33 | 88,07 | 96,40 | | | 17,18 | 10,21 | 27,40 |
| 7 | 2024 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 8 | 2025 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 9 | 2026 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 10 | 2027 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 11 | 2028 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 12 | 2029 | | | 8,33 | 88,07 | 96,40 | | | 17,18 | 10,21 | 27,40 |
| 13 | 2030 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 14 | 2031 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 15 | 2032 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 16 | 2033 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 17 | 2034 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 18 | 2035 | | 462,18 | | | 462,18 | | 121,67 | | | 121,67 |
| 19 | 2036 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 20 | 2037 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 21 | 2038 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 22 | 2039 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 23 | 2040 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 24 | 2041 | | | 8,33 | 88,07 | 96,40 | | | 17,18 | 10,21 | 27,40 |
| 25 | 2042 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 26 | 2043 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 27 | 2044 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 28 | 2045 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 29 | 2046 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 30 | 2047 | | 462,18 | | | 462,18 | | 121,67 | | | 121,67 |
| 31 | 2048 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 32 | 2049 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 33 | 2050 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |

Окончание таблицы И.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--------|------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 34 | 2051 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 35 | 2052 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 36 | 2053 | | | 8,33 | 88,07 | 96,40 | | | 17,18 | 10,21 | 27,40 |
| 37 | 2054 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 38 | 2055 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 39 | 2056 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 40 | 2057 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 41 | 2058 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 42 | 2059 | | | 8,33 | 88,07 | 96,40 | | | 17,18 | 10,21 | 27,40 |
| 43 | 2060 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 44 | 2061 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 45 | 2062 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 46 | 2063 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 47 | 2064 | | | 30,34 | | 30,34 | | | 17,18 | | 17,18 |
| 48 | 2065 | | | | | 0,00 | | | | | 0,00 |
| Итого: | | 420,17 | 420,17 | 924,35 | 1 255,29 | 440,34 | 3 040,16 | 627,59 | 243,35 | 773,24 | 51,07 |

Расчет показателей эффективности представлен в таблице И.3.

Таблица И.3 – Расчет показателей эффективности

| № п/п | Год | Разница дорожных затрат, тыс. руб. | | | | | Чистый доход по годам, тыс. руб. | Дисконтный множитель $(1 + E)^{-t}$ | Дисконтир. доход накопит. итогом, тыс. руб. |
|-------|------|------------------------------------|---------------------|------------------------|-------|---------|----------------------------------|-------------------------------------|---|
| | | Строительство | Кап. ремонт, ремонт | Нормативное содержание | ППР | Итого | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 0 | 2017 | -207,42 | - | - | - | -207,42 | -207,42 | 1,00 | -207,42 |
| 1 | 2018 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,92 | -195,38 |
| 2 | 2019 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,84 | -184,36 |
| 3 | 2020 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,77 | -174,26 |
| 4 | 2021 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,70 | -165,03 |
| 5 | 2022 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,64 | -156,57 |
| 6 | 2023 | - | - | -8,85 | 77,85 | 69,00 | 69,00 | 0,59 | -115,99 |
| 7 | 2024 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,54 | -108,92 |
| 8 | 2025 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,49 | -102,43 |
| 9 | 2026 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,45 | -96,49 |
| 10 | 2027 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,41 | -91,06 |
| 11 | 2028 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,38 | -86,09 |
| 12 | 2029 | - | - | -8,85 | 77,85 | 69,00 | 69,00 | 0,35 | -62,21 |
| 13 | 2030 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,32 | -58,04 |
| 14 | 2031 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,29 | -54,23 |

Окончание таблицы И.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|------|----------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|------|--------|
| 15 | 2032 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,27 | -50,74 |
| 16 | 2033 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,24 | -47,54 |
| 17 | 2034 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,22 | -44,62 |
| 18 | 2035 | - | 340,50 | - | - | 340,50 | 340,50 | 0,20 | 24,50 |
| 19 | 2036 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,19 | 26,95 |
| 20 | 2037 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,17 | 29,19 |
| 21 | 2038 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,16 | 31,24 |
| 22 | 2039 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,14 | 33,12 |
| 23 | 2040 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,13 | 34,84 |
| 24 | 2041 | - | - | -8,85 | 77,85 | 69,00 | 69,00 | 0,12 | 43,12 |
| 25 | 2042 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,11 | 44,57 |
| 26 | 2043 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,10 | 45,89 |
| 27 | 2044 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,09 | 47,10 |
| 28 | 2045 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,08 | 48,20 |
| 29 | 2046 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,08 | 49,22 |
| 30 | 2047 | - | 340,50 | - | - | 340,50 | 340,50 | 0,07 | 73,05 |
| 31 | 2048 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,06 | 73,89 |
| 32 | 2049 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,06 | 74,67 |
| 33 | 2050 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,05 | 75,38 |
| 34 | 2051 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,05 | 76,03 |
| 35 | 2052 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,05 | 76,62 |
| 36 | 2053 | - | - | -8,85 | 77,85 | 69,00 | 69,00 | 0,04 | 79,45 |
| 37 | 2054 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,04 | 79,95 |
| 38 | 2055 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,04 | 80,41 |
| 39 | 2056 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,03 | 80,83 |
| 40 | 2057 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,03 | 81,21 |
| 41 | 2058 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,03 | 81,56 |
| 42 | 2059 | - | - | -8,85 | 77,85 | 69,00 | 69,00 | 0,02 | 83,22 |
| 43 | 2060 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,02 | 83,51 |
| 44 | 2061 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,02 | 83,77 |
| 45 | 2062 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,02 | 84,02 |
| 46 | 2063 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,02 | 84,25 |
| 47 | 2064 | - | - | 13,16 | - | 13,16 | 13,16 | 0,02 | 84,46 |
| 48 | 2065 | - | - | - | - | - | - | 0,01 | 84,46 |
| | | -207,42 | 681,01 | 482,05 | 389,27 | 1 344,90 | 1 344,90 | | |

Шаг расчета равен одному году. Норма дисконта $E=9,25$ (принята по ключевой ставке Центрального Банка РФ).

Результаты от внедрения перильных ограждений на каждом шаге расчета, определяемые по формуле (10), представлены как разница дорожных затрат после их устройства, начиная с первого года эксплуатации (гр. 3-7).

Дополнительные затраты на реализацию внедрения составили 207,42 тыс. руб. Чистый дисконтированный доход от внедрения перил из ПКМ по сравнению с металлическими перилами на протяженности 100м составил 84,46 тыс. рублей.

Библиография

- [1] ОДМ 218.3.014-2011 Методика оценки технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах
- [2] ОДМ 218.4.025-2016 Рекомендации по определению грузоподъемности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Общая часть
- [3] ОДМ 218.4.001-2008 Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах
- [4] ОДМ 218.3.042-2014 Рекомендации по определению параметров и назначению категорий дефектов при оценке технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах.
- [5] ОДН 218.017-2003 Руководство по оценке транспортно-эксплуатационного состояния мостовых конструкций
- [6] ОДМ 218.4.001-2008 Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах.
- [7] Приказ Минтранса РФ № 402 от 16 ноября 2012г. Классификация работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог.
- [8] Приказ Минтранса РФ № 157 от 01 ноября 2007г. О реализации постановления Правительства Российской Федерации от 23 августа 2007 г. № 539 «О нормативах денежных затрат на содержание и ремонт автомобильных дорог федерального значения и правилах их расчетах».

- [9] Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (2-ая редакция), М., 2000г.
- [10] ОДМ 218.4.023-2015 Методические рекомендации по оценке эффективности строительства, реконструкции, капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог.
- [11] Проект ОДМ «Методические рекомендации по оценке эффективности использования в дорожном хозяйстве инноваций и достижений научно-технического прогресса», 2017г.
- [12] Проект ОДМ «Рекомендации по применению композиционных материалов в конструкциях мостовых сооружений и пешеходных мостов».
- [13] ОДМ 218.2.057-2015 Рекомендации по применению на мостовых сооружениях водоотводных лотков из полимерных композиционных материалов.
- [14] СТО НОСТРОЙ 2.29.112-2013 Строительство деревянных и композитных мостов. ч.2.
- [15] ОДМ 218.3.061-2015 Рекомендации по применению композитных конструкций и материалов с параметрами горючести «НГ» для объектов транспортной инфраструктуры
- [16] ОДМ 218.3.053-2015 «Рекомендации по применению водопропускных труб из полимерных композиционных материалов»
- [17] ОДМ 218.2.044-2014 Рекомендации по выполнению приборных и инструментальных измерений при оценке технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах.

ОКС 93.080

ОКП 22 9641

Ключевые слова: композиционные материалы и конструкции, полимерные композиты, эффективность, оценка состояния, эксплуатация

Руководитель организации-разработчика

ООО «Геолит»

Генеральный директор

_____ В.С. Шиковский