Общество с ограниченной ответственностью

Управляющая компания «РУСКОМПОЗИТ»

(ОАО «Тверьстеклопластик»)

ТВЕРЬСТЕКЛОПЛАСТИК

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СТО 00204961-004-2012

УТВЕРЖДАЮ
Управляющий директор
ОАО «Тверьстеклопластик»

_____ П. А. Смирнов

«08» ноября 2012 г.

ПЕШЕХОДНЫЕ МОСТЫ И ПУТЕПРОВОДЫ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Технические условия

(Взамен СТО 00204961-004-2011)

Издание официальное

РАЗРАБОТАНО
Генеральный директор
ООО УК «РУСКОМПОЗИТ»

_____ В. А. Харин

«07» ноября 2012 г.

Москва
2012

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г, № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения стандартов организации – ГОСТ Р 1.4–2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций.Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственность «Управляющая компания «РУСКОМПОЗИТ» совместно с Филиалом ОАО ЦНИИС Научно-исследовательский центр «Мосты», Объединением юридических лиц «Союз производителей композитов», при участии Открытого акционерного общества «Тверьстеклопластик»

2 ВНЕСЕН Научно-техническим центром «РУСКОМПОЗИТ»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Управляющего директора Открытого акционерного общества «Тверьстеклопластик» от «08» ноября 2012 г. № 591

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ (взамен СТО 00204961-004-2011)

© ООО УК«РУСКОМПОЗИТ», 2012 г.

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины и определения, обозначения и сокращения 4
4 Классификация 9
5 Технические требования 10
6 Требования безопасности 24
7 Требования охраны окружающей среды 25
8 Правила приемки 25
9 Методы контроля 30
10 Транспортирование и хранение 31
11 Указания по применению 32
12 Гарантии изготовителя 32
Приложение А (обязательное) Требования к расчету несущих конструкций пешеходных мостов и путепроводов из полимерных композитов 34
Приложение Б (обязательное) Расчет несущих конструкций пешеходных мостов и путепроводов из полимерных композитов по предельным состояниям 37
Приложение В (обязательное) Формулы для расчета предельного количества циклов 42
Приложение Г (справочное) Нормативные требования, предъявляемые к пешеходным мостам и путепроводам, действующие в Российской Федерации и необходимые для понимания текста стандарта 44
Библиография 47

Введение

Разработка настоящего стандарта вызвана необходимостью регламентировать требования к несущим конструкциям и другим конструктивным элементам пешеходных мостов и путепроводов (временных и постоянных) из полимерных композитов, изготавливаемых по технологии вакуумной инфузии.

В настоящее время в мировой практике полимерные композиты активно используются при производстве несущих конструкций и других конструктивных элементов различного назначения в гражданском и промышленном строительстве, в том числе несущих конструкций мостовых сооружений, причем как пешеходных, так и автомобильных.

Настоящие несущие конструкции изготавливаются полностью из полимерных композитов или из традиционных материалов, таких как бетон и/или сталь в сочетании с материалами и/или изделиями из полимерных композитов. Наиболее перспективными, с точки зрения эффективности, надежности и долговечности являются цельнокомпозитные многослойные несущие конструкции, изготавливаемые по технологии вакуумной инфузии.

В Российской Федерации применение полимерных композитов при строительстве мостовых сооружений ограничено производством несущих конструкций из отдельных элементов, произведенных по технологии пултрузии и в общем объеме строительства крайне незначительно. Это обусловлено как малым опытом изготовления и эксплуатации конструкций из полимерных композитов, так и отсутствием в полном объеме норм проектирования и требований к расчетам и материалам, позволяющих широко использовать полимерные композиты строительстве, ремонте и реконструкции мостов и путепроводов.

В Европейском Союзе разработаны Центром исследований и нормирования в гражданском строительстве (Civiel technisch Centrum Uitvoering Researchen Regelgeving – CUR), изданы в 2003 году и применяются в настоящее время в Королевстве Нидерланды «Рекомендации 96. Применение пластмасс армированных волокном в несущих конструкциях зданий и сооружений» («Aanbeveling 96.Vezelversterktekunststoffenincivieledraagconstructies»). В настоящих рекомендациях регламентируются требования по проектированию конструкций гражданских инженерных сооружений из полимерных

композитов. Исходя из того, что для проектирования любой конструкции чрезвычайно важно иметь надежные данные о свойствах материала, в данном нормативном документе приводятся также требования в отношении конкретных свойств материала и методов испытаний, используемых для их определения, и учитывается множество факторов, оказывающих влияние на конечные свойства, как полимерных композитов, так и конструкций из них.

Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений «Рекомендаций 96. Применение пластмасс армированных волокном в несущих конструкциях зданий и сооружений» и требований действующих нормативных документов Российской Федерации в области мостостроения, а также опыте изготовления, эксплуатации и мониторинга состояния конструкций мостовых сооружений из полимерных композитов в Европейском Союзе, в первую очередь в Королевстве Нидерланды.

В разработке настоящего стандарта принимали участие: кандидаты техн. наук Ю.В. Новак, Ю.М.Егорушкин, И.А. Бегун, А.В. Тропилло (Филиал ОАО «ЦНИИС» Научно-исследовательский центр «Мосты»), А.С. Бейвель (Закрытое акционерное общество «ИМИДИС»), С.Ю. Ветохин, А.В. Гералтовский (Объединение юридических лиц «Союз производителей композитов»), С.Л. Панфилов, В.П. Полиновский (ООО «УК «Рускомпозит»).

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ПЕШЕХОДНЫЕ МОСТЫ И ПУТЕПРОВОДЫ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Технические условия

Pedestrian bridges for polymer composites
Specifications

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на несущие конструкции и другие конструктивные элементы пешеходных мостов и путепроводов (временных и постоянных) из полимерных композитов, изготавливаемые по технологии вакуумной инфузии.

Настоящий стандарт устанавливает технические требования, предъявляемые к конструктивным элементам пешеходных мостов и путепроводов (временных и постоянных) из полимерных композитов, изготавливаемым по технологии вакуумной инфузии, требования к полимерным композитам, применяемым при изготовлении конструктивных элементов, требования к методам контроля при определении показателей и характеристик конструктивных элементов и полимерных композитов, а также общие требования к расчетам конструктивных элементов и полимерных композитов при проектировании пешеходных мостов и путепроводов.

Настоящий стандарт рекомендуется для использования проектными организациями при разработке проектной документации на строительство, ремонт и реконструкцию пешеходных мостов и путепроводов с применением конструкций из полимерных композитов, изготавливаемых по технологии вакуумной инфузии, заказчиками строительства, ремонта и реконструкции пешеходных мостов и путепроводов, строительными организациями, организациями, осуществляющими контроль и приёмку работ, а также организациями, проводящими испытания, мониторинг и эксплуатацию пешеходных мостов и путепроводов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 53627-2009 Покрытие полимерное тонкослойное проезжей части мостов. Технические условия

ГОСТ Р 54257–2010 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования

ГОСТ Р 54559–2011 Трубы и детали трубопроводов из реактопластов, армированных волокном. Термины и определения

ГОСТ 9.708-83 Единая система защиты от коррозии и старения. Пластмассы. Методы испытаний на старение при воздействии естественных и искусственных климатических факторов

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.044-89 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения

ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.002-75 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.009-76 Система стандартов безопасности труда. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности

ГОСТ 17.2.3.02-78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями

ГОСТ 25.602-80 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на сжатие при нормальной, повышенной и пониженной температурах

ГОСТ 4648-71 Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб

ГОСТ 4650-80 Пластмассы. Метод определения водопоглощения

ГОСТ 4651-82 Пластмассы. Метод испытания на сжатие

ГОСТ 8829-94 Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости

ГОСТ 9550-81 Пластмассы. Методы определения модуля упругости при растяжении, сжатии и изгибе

ГОСТ 10060.0-95 Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие требования

ГОСТ 10060.2-95 Бетоны. Ускоренные методы определения морозостойкости при многократном замораживании и оттаивании

ГОСТ 11262-80 Пластмассы. Метод испытания на растяжение

ГОСТ 15139-69 Пластмассы. Методы определения плотности (объемной массы)

ГОСТ 15173-70 Пластмассы. Метод определения среднего коэффициента линейного теплового расширения

ГОСТ 15846-2002 Продукция, отправляемая в районы крайнего севера и приравненные к ним местности. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение

ГОСТ 23630.2-79 Пластмассы. Метод определения теплопроводности

ГОСТ 24297-87 Входной контроль продукции. Основные положения

ГОСТ 26433.1-89 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления

ГОСТ 26877-91 Металлопродукция. Методы измерения отклонений формы

ГОСТ 30244-94 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть

ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования

ГОСТ 30247.1 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции

ГОСТ 30402-96 Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость

ИСО 75-3:2004 Пластмассы. Определение температуры прогиба под нагрузкой. Часть 3. Высокопрочные слоистые реактопласты и пластмассы с длинноволокнистым наполнителем

ИСО 4892-3:2006 Пластмассы. Методы экспонирования под лабораторными источниками света. Часть 3. Люминесцентные лампы ультрафиолетового излучения

ИСО 11359-2:1999 Пластмассы. Термомеханический анализ. Часть 2. Определение коэффициента линейного теплового расширения и температуры стеклования

ИСО 14129:1997 Материалы композиционные пластмассовые. Определение характеристики напряжения сдвига/деформации сдвига в плоском состоянии, включая модуль упругости при сдвиге в плоском состоянии, методом испытания на растяжение под углом ± 45 градусов

ИСО 14130:1997 Материалы композиционные полимерные армированные волокном. Определение кажущейся межслойной прочности на сдвиг методом испытания балочек

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состо-

янию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения, обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 54559, а также следующие термины с соответствующими определениями и использованы следующие обозначения и сокращения:

3.1 Термины и определения

3.1.1 **пешеходный мост:** Искусственное сооружение над различными препятствиями для пропуска пешеходов.

3.1.2 **пешеходный путепровод:** Разновидность пешеходного моста над железными или автомобильными дорогами.

3.1.3 **конструктивные элементы пешеходного моста и путепровода** (конструктивные элементы)**:** Отдельные конструктивные элементы, являющиеся составными частями пешеходного моста и предназначенные для его сооружения.

Примечание – К конструктивным элементам относятся пролетные строения, надземные части опор, настилы, лестничные сходы, лестничные марши, ограждающие конструкции, перила.

3.1.4 **несущие конструкции пешеходного моста и путепровода** (несущие конструкции)**:** Конструктивные элементы пешеходного моста, воспринимающие постоянные и временные нагрузки и обеспечивающие его несущую способность.

Примечание – К несущим конструкциям относятся пролетные строения, надземные части опор, лестничные сходы, лестничные марши.

3.1.5 **пролетное строение пешеходного моста и путепровода** (пролетное строение) (ПС)**:** Несущая конструкция пешеходного моста, перекрывающая все пространство или его часть между двумя или несколькими опорами, воспринимающая нагрузку от элементов обустройства моста и пешеходов и передающая ее на опоры.

Примечание – Под пролетным строением в настоящем стандарте понимается единая конструкция из полимерного композита. Мостовое полотно является составной частью настоящей конструкции.

3.1.6 **трехслойная конструкция:** конструкция, состоящая из верхнего и нижнего профилей (плоского или криволинейного) из многослойного полимерного композита (ламината) и системы поперечных и

продольных дискретных стенок соединяющих профили в единую конструкцию.

Примечание – Поперечные стенки также изготавливаются из многослойного полимерного композита. Пространство между стенками заполняется вспененной пластмассой или иными материалами.

3.1.7 **нормативное значение сопротивления полимерного композита:** Значение сопротивления для данного вида напряженного состояния конструктивного элемента из полимерного композита, полученное по результатам испытаний с учетом статистических показателей.

3.1.8 **расчетное значение сопротивления полимерного композита**: Значение сопротивления для данного вида напряженного состояния конструктивного элемента из полимерного композита, полученное путем деления нормативного сопротивления на коэффициенты надежности.

3.1.9 **номинальное значение сопротивления**: Значение сопротивления, приведенное на стадии вариантного проектирования.

3.1.10 **коэффициент пересчета:** Коэффициент надежности, учитывающий влияния длительных воздействий на механические свойства полимерного композита: влажности, солнечной радиации, ползучести и усталости.

Примечание – Используется для определения значений расчетных сопротивлений.

3.1.11 **коэффициент материала**: Коэффициент надежности, учитывающий неоднородность свойств полимерного композита.

Примечание – Используется для определения нормативных сопротивлений полимерного композита.

3.1.12 **температура тепловой деформации** (heat distortion temperature)(HDT),t_f: Температура, при которой начинается изменение формы стандартного образца под нагрузкой.

3.1.13 **полимерный композит:** Композит, матрица которого образована из термопластичных или термореактивных полимеров или эластомеров.

Примечание – Под полимерным композитом в настоящем стандарте понимается композит, матрица которого образована в результате необратимого отверждения термореактивного полимера.

3.1.14 **матрица полимерного композита** (матрица): Структура, состоящая из отвержденной термореактивной смолы, которая обеспечивает цельность полимерного композита, и отвечает за передачу и распределение напряжений в армирующем наполнителе и определяет

теплостойкость, влагостойкость, огнестойкость и химическую стойкость полимерного композита.

Примечание – Под матрицей полимерного композита в настоящем стандарте понимается матрица, образованная в результате необратимого отверждения термореактивного полимера.

3.1.15 **анизотропный полимерный композит:** Полимерный композит, свойства которого неодинаковы в разных направлениях.

3.1.16 **изотропный полимерный композит:** Полимерный композит, свойства которого одинаковы по всем направлениям.

3.1.17 **квазиизотропныйполимерный композит:** Полимерный композит, различие в свойствах которого по разным направлениям минимально, что обусловлено армированием композита несколькими однотипными, разнонаправленными слоями волокна или армированием волокном, которое дисперсно распределено в объеме композита.

3.1.18 **ламель:** Монослой полимерного композита, армированный одним видом армирующего наполнителя - однонаправленным ровингом, тканью, мультиаксиальной тканью или матом.

Примечание – В зависимости от вида армирующего наполнителя ламель является однонаправлено-, двунаправлено-, многонаправленно- или хаотичноармированной.

3.1.19 **ламинат:** Многослойный полимерный композит, состоящий из нескольких ламелей различной толщины.

3.1.20 **конструкционный композит:** полимерный композит, пригодный по своим характеристикам и свойствам для применения в качестве материала несущих конструкций и других конструктивных элементов различных сооружений промышленного и гражданского назначения, включая пешеходные мосты и путепроводы.

3.1.21 **пропитка смолой под давлением (RTM):** Процесс изготовления полимерного композита в герметичных формах с использованием избыточного давления для пропитки волокна.

Примечание – Технология закрытого формирования с применением жесткой по обеим сторонам формы.

3.1.22 **вакуумная инфузия (VaRTM):** Процесс изготовления полимерного композита в герметичных формах с использованием вакуума для пропитки волокна.

Примечание – Применяются жесткие и гибкие формы.

3.1.23 **формование из препрега:** Процесс изготовления полимерного композита из препрега, с использованием вакуума или избыточного давления и нагрева.

Примечание – Технология закрытого формования, при которой одна часть формы должна быть мягкой.

3.1.24 **ручная выкладка:** Процесс изготовления полимерного композита, при котором армирующие наполнители, например, мат из рубленых комплексных нитей, пропитываются термореактивной смолой и вручную наносятся на оправку.

Примечание – Технология открытого формования, при которой используется жесткая открытая форма.

3.1.25 **штапельное волокно**: Волокно, рубленное на отрезки длиной не более 400 мм, которое используется для получения листов.

3.1.26 **ровинг:** Волокнистый материал, представляющий собой нити, жгуты или отрезки, собранные в параллельный пучок посредством небольшого скручивания или без него.

3.1.27 **ткань из непрерывных волокон** (ткань)**:** Двунаправленное тканое полотно состоящее из взаимно перпендикулярных жгутов непрерывного волокна.

3.1.28 **однонаправленная ткань из непрерывных волокон** (кордная ткань)**:** Ткань с повышенной прочностью за счет большого содержания непрерывных нитей или ровинга в одном направлении и меньшего содержания более тонких нитей в другом.

3.1.29 **мультаксиальная ткань из непрерывных волокон** (мультиаксиальная ткань)**:** Текстильный нетканый материал, состоящий из двух или более слоев однонаправленных непрерывных нитей или ровингов, сшитых синтетической нитью.

Примечание – В зависимости от расположения слоев относительно друг друга различают биаксиальные (BX), триаксиальные (TX) и квадроаксиальные (QX) ткани.

3.1.30 **двухслойная ткань из непрерывных волокон** (биаксиальная ткань)**:** Мультиаксиальная ткань, состоящая из двух слоев однонаправленных непрерывных нитей или ровингов, с направлением волокон по слоям 0°/90° или -45°/ +45°.

3.1.31 **трехслойная ткань из непрерывных волокон** (триаксиальная ткань)**:** Мультиаксиальная ткань, состоящая из трех слоев однонаправленных непрерывных нитей или ровингов, с направлением волокон по слоям 0°/90°/-45°или +45°.

3.1.32 **четырехслойная ткань из непрерывных волокон** (квадроаксиальная ткань)**:** Мультиаксиальная ткань, состоящая из четырех слоев однонаправленных непрерывных нитей или ровингов, с направлением волокон по слоям 0°/90°/-45°/+45°.

3.1.33 **мат из непрерывных волокон:** Непрерывное нетканое полотно, состоящее из уложенных друг на друга в двух перпендикулярных направлениях волокон (пучков, жгутов) локально скреплённых между собой связующим материалом в виде эмульсии или порошкообразного вещества.

3.1.34 **мат из штапельного волокна:** Полотно, состоящее из коротких (30-50 мм), уложенных друг на друга в двух перпендикулярных направлениях волокон, которые прошиты или и скреплены связующим материалом.

3.1.35 **мат из рубленого волокна:** Нетканое полотно, состоящие из коротких хаотически волокон длиной 30-100 мм и скрепленных связующим материалом.

3.1.36 **препрег:** Готовый для дальнейшей переработки продукт, представляющий собой непрерывный армирующий наполнитель тканой или нетканой структуры, пропитанный связующим и частично отверждённый.

3.2 Обозначения

γ_f — Коэффициент надежности по нагрузке

γ_m — Коэффициент надежности по материалу

L_P — Расчетный пролет

E_1, E_2 — модули упругости по основным направлениям материала (1-продольное, 2-поперечное) в плоскости ортотропного ламината

G_{12}, G_{23}, G_{31} — модули сдвига (модуль упругости при сдвиге) по основным направлениям материала в плоскостях 1 и 2 или 3 (вертикальное) и 1 ортотропного ламината

V_f, V_v, V_m — объёмные доли волокна, пустот и смолы в изделии

Q_1, Q_2 — коэффициенты теплопроводности по основным направлениям материала (1 и 2) в плоскости ортотропного ламината

α_{T1}, α_{T2} — коэффициенты линейного теплового расширения по основным направлениям 1, 2 материала

$\varepsilon_{t1}, \varepsilon_{t2}$ — деформация (при разрушении) при растяжении материала

$\overline{R}_1^t, \overline{R}_2^t$ — среднее нормальное напряжение (предел прочности) по основным направлениям 1, 2 материала при растяжении, соответственно

$\overline{R}_1^c, \overline{R}_2^c$ — среднее нормальное напряжение (предел прочности) по основным направлениям 1, 2 материала при сжатии, соответственно

$\nu_{12,21}$ — коэффициент Пуассона в основных направлениях материала в плоскости ортотропного ламината

$\overline{R}^{s}$ — среднее значение предела прочности на сдвиг

ρ — Плотность материала

3.3 Сокращения

КЛТР — Коэффициенты линейного температурного расширения

КТ — Коэффициенты теплопроводности

МКЭ — Метод конечных элементов

4 Классификация

4.1 Типы

4.1.1 Настоящий стандарт устанавливает классификацию несущих конструкций и других конструктивных элементов из полимерных композитов по следующим основным признакам:

– функциональное назначение;

– материал армирующего наполнителя полимерного композита;

– материал матрицы полимерного композита;

– конструктивное исполнение.

4.1.2 В зависимости от функционального назначения несущие конструкции и другие конструктивные элементы подразделяют на:

– пролетные строения;

– настилы;

–ограждающие конструкции.

4.1.3 В зависимости от материала армирующего наполнителя полимерного композита несущие конструкции и другие конструктивные элементы подразделяются на:

СК – стеклокомпозитные;

УК – углекомпозитные.

4.1.4 В зависимости от материала матрицы полимерного композита несущие конструкции и другие конструктивные элементы подразделяются на:

ПЭ – полиэфирные;

ВЭ – винилэфирные;

Э – эпоксидные;

Ф – фенольные.

ЭВЭ – эпоксивинилэфирные

4.1.5 В зависимости от конструктивного исполнения, несущие конструкции и другие конструктивные элементы подразделяются на следующие типы:

– конструктивное исполнение плитного типа в виде прямоугольного замкнутого поперечного сечения (рисунок 1);

– конструктивное исполнение U-образного типа со сплошной стенкой, горизонтальным верхним поясом и его утолщением в виде консольных свесов (рисунок 2);

- конструктивное исполнение U-образного типа со сплошной стенкой, полигональным верхним поясом без устройства консольных свесов (рисунок 3).

4.2 Условные обозначения

4.2.1 Условное обозначение несущих конструкций и других конструктивных элементов из полимерных композитов должно включать в себя: условное обозначение вида конструктивного элемента в соответствии с 4.1.2, условное обозначение материала армирующего наполнителя в соответствии с 4.1.3, условное обозначение материала матрицы в соответствии с 4.1.4, размеры (длина – «L», м, ширина – «B», м), торговая марка, тип конструктивного исполнения в соответствии с 4.1.5 и обозначение настоящего стандарта.

Примеры условного обозначения:

– пролетное строение из стеклокомпозита на основе эпоксивинилэфирной смолы, плитного типа, длиной 10 м, шириной 2,5 м:

ПС(СК/ЭВЭ)–10/2,5–МОБИСТЕК СТАНДАРТ СТО00204961-004-2012;

– пролетное строение из стеклокомпозита на основе эпоксивинилэфирной смолы, U-образного исполнения со сплошной стенкой, горизонтальным верхним поясом и его утолщением в виде консольных свесов, длиной 24 м, шириной 4,5 м:

ПС(СК/ЭВЭ)–24/4,5–МОБИСТЕК U-образное КОНСОЛЬ СТО 00204961-004-2012;

– пролетное строение из стеклокомпозита на основе эпоксивинилэфирной смолы, U-образного исполнения со сплошной стенкой, полигональным верхним поясом без устройства консольных свесов, длиной 24 м, шириной 4,5 м:

ПС(СК/ЭВЭ)–24/4,5–МОБИСТЕК U-образное СТО 00204961-004-2012.

5 Технические требования

5.1 Основные показатели и характеристики

5.1.1 Показатели назначения

5.1.1.1Конструктивные элементы из полимерных композитов должны соответствовать требованиям настоящего стандарта и изготавливаться по технологической документации, утвержденной в установленном порядке.

Технологическая документация должна включать:

- схему выкладки элементов;
- план инфузии;
- технологическая карта.

5.1.1.2 Несущие конструктивные элементы из полимерных композитов следует изготавливать из термореактивных смол, армированных стекловолокном и (или) углеволокном по технологии вакуумной инфузии с минимальным спектром вариации ингредиентов.

5.1.2 Конструктивные требования

5.1.2.1 Общие требования

5.1.2.1.1 Несущие конструкции из полимерных композитов, соответствующие данному стандарту, представляют собой трехслойные конструкции. Верхний и нижний слои трехслойной конструкции, а также стенки дискретного заполнителя представляют собой многослойные полимерные композиты, рассчитанные и изготовленные в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

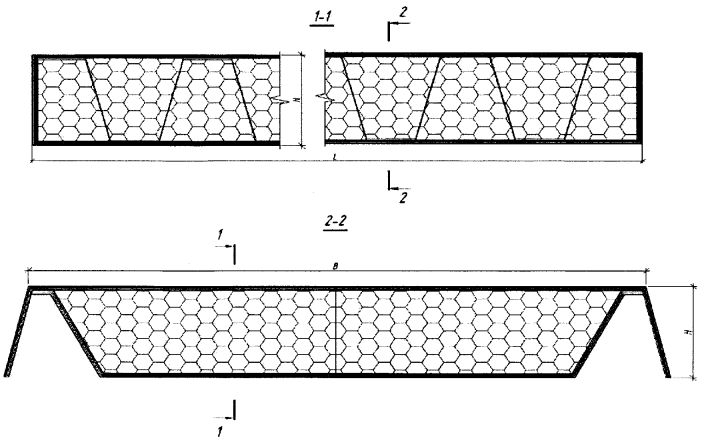
5.1.2.1.2 Поперечные сечения конструктивных элементов из полимерных композитов, их геометрические размеры, включая толщину всех слоев составляющих трехслойную конструкцию и допустимые отклонения, определяются расчетом при разработке проектной документации на конструктивные элементы.

5.1.2.1.3 В качестве технологических формообразующих вкладышей в пустоты дискретного слоя могут использоваться детали из вспененной пластмассы, форма, геометрические размеры и материал которых определяются расчетом при разработке проектной документации на конструктивные элементы из полимерных композитов. Также может использоваться LVL-брус, изготавливаемый в соответствии с техническими условиями с [11] и/или [12].

5.1.2.2 Требования к конструкциям пролетных строений

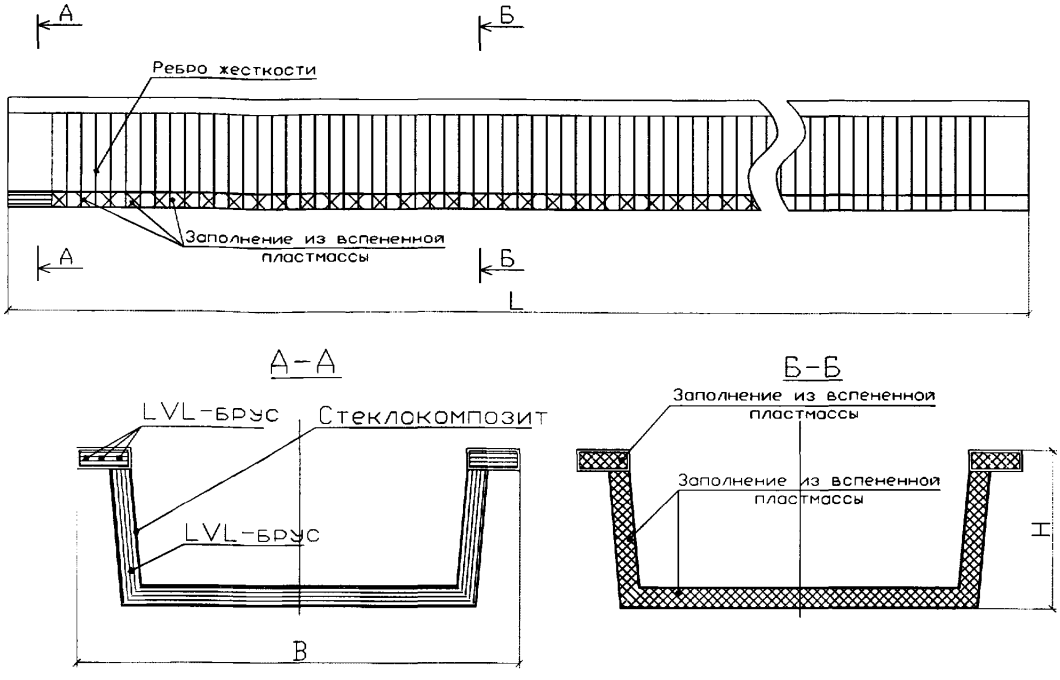
Схема плитной трехслойной конструкции пролетного строения из полимерных композитов, изготовленной в соответствии с настоящим стандартом, приведена на рисунке 1, U-образного исполнения с консолью – на рисунке 2, U-образного исполнения без консоли – на рисунке 3.

Трехслойные конструкции, могут иметь дополнительные интегрированные элементы, изготовленные из многослойного композита, образованные в едином технологическом процессе с основной конструкцией, предназначенные для крепления элементов мостового полотна.



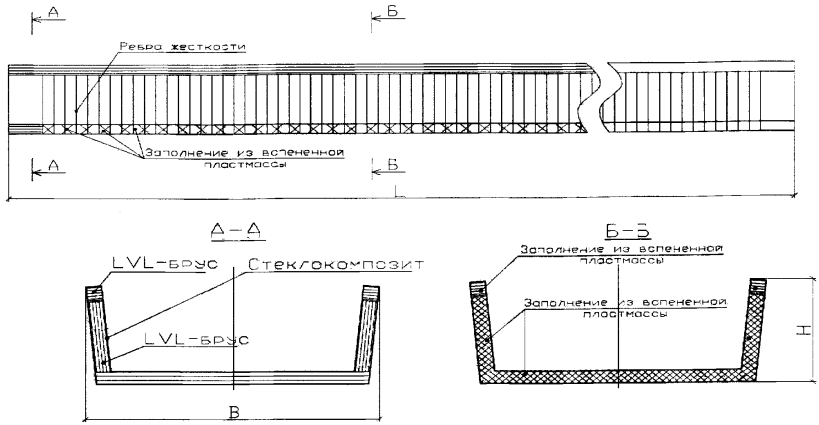
L – длина пролетного строения, м;
B – ширина пролетного строения, м;
H – высота пролетного строения, м.

Рисунок 1 - Схема пролетного строения плитного типа



L – длина пролетного строения, м;
B – ширина пролетного строения, м;
H – высота пролетного строения, м.

Рисунок 2 - Схема пролетного строения U-образного типа со сплошной стенкой, горизонтальным верхним поясом и его утолщением в виде консольных свесов



L – длина пролетного строения, м;
В – ширина пролетного строения, м;
Н – высота пролетного строения, м.

Рисунок 3 - Схема пролетного строения U-образного типа со сплошной стенкой, полигональным верхним поясом без устройства консольных свесов

5.1.2.5 Требования к внешней форме конструктивных элементов

Для конструктивных элементов из полимерных композитов допускаются отклонения геометрических характеристик от их проектных значений.

По допустимым отклонениям конструктивные элементы из полимерных композитов должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 1.

Таблица 1 – Допустимые значения отклонений конструктивных элементов из полимерных композитов

Наименование отклонения	Допускаемое отклонение, мм
Конструкции моста	
Отклонение длины конструктивного элемента от проектной	0,0005L, но не более ±10 мм
Отклонение расстояний между соседними узлами креплений	±1/3000 длины, но не более ± 3 мм

Окончание таблицы 1

Наименование отклонения	Допускаемое отклонение, мм
Отклонение конструктивных элементов от плоскости	±3мм
Лестничные сходы	
Расстояния по длине	0,0005L , но не более ±10 мм
Расстояния по высоте: Косоуры Ступени	 +2 +2
Расстояния по толщине: Элементов конструкции Ступени, где t – расчетная толщина, мм	 ± 1/10t ± 1/10t
Стрела выгиба оси элемента: для элементов конструкции и ступеней для элементов связей	 1:1000 длины элемента или его части 1:750 длины элемента части
Элементы моста	
Неплоскостность стенки и седловидность или выпуклость: -в местах сопряжения с другими элементами -в прочих местах	 1/1000B, но не более 1 мм (B – размер стенки) 0,015 B, но не более 6 мм (B – размер элемента)
Несимметричность сечения элемента (отклонение оси стенки или диафрагмы от теоретической оси)	0,015 B, но не более 6 мм
То же на участке монтажного соединения	0,015 B, но не более 3 мм
Скручивание (ГОСТ 26877) (винтообразность элемента)	α< 1,5° на 1 метр длины элемента, но не более 5 мм на длине 10м

5.1.2.6 Требования к применению покрытий

5.1.2.6.1 Рабочие поверхности пролетных строений, площадок и ступеней лестничных сходов из полимерных композитов должны быть защищены дополнительным износостойким противоскользящим покрытием по ГОСТ 53627,обеспечивающим удобство передвижения пешеходов.

5.1.2.6.2 Дополнительное защитное покрытие должно удовлетворять требованиям по морозостойкости к полимерным композитам по 5.3.2. 2 и истираемости по ГОСТ Р 53627 в течение всего срока службы покрытия.

Дополнительное защитное покрытие должно наноситься на поверхности пролетных строений, площадок и ступеней лестничных сходов из полимерных композитов в заводских условиях и быть ремонтопригодно в течение всего срока службы покрытия.

5.1.3 Требования надежности

5.1.3.1 Конструктивные элементы из полимерных композитов должны быть запроектированы таким образом, чтобы они обладали достаточной надежностью при возведении и эксплуатации с учетом, при необходимости, особых воздействий (например, в результате землетрясения, наводнения, пожара, взрыва).

5.1.3.2 Основным свойством, определяющим надежность конструктивных элементов из полимерных композитов и пешеходных мостов в целом, является безотказность их работы — способность сохранять заданные эксплуатационные качества в течение определенного срока службы.

5.1.3.3 Конструктивные элементы из полимерных композитов следует рассчитывать по методу предельных состояний. Основные положения метода должны быть направлены на обеспечение безотказной работы конструкций с учетом изменчивости свойств материалов, нагрузок и воздействий, геометрических характеристик конструкций, условий их работы, а также степени ответственности проектируемых объектов, которые приведены в Приложении Г.

5.1.3.4 Предельные состояния подразделяют на две группы:

– первая группа включает в себя предельные состояния, которые ведут к полной непригодности к эксплуатации конструкций из полимерных композитов или пешеходных мостов в целом или к полной (частичной) потере несущей способности пешеходных мостов в целом;

– вторая группа включает в себя предельные состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию конструкций из полимерных композитов или уменьшающие долговечность пешеходных мостов по сравнению с предусматриваемым сроком службы.

5.1.3.5 Расчет несущих конструкций из полимерных композитов по методу предельных состояний выполняется в соответствии с Приложениями А и Б.

5.1.3.6 Пролетные строения из полимерных композитов должны соответствовать требованиям по прочности, устойчивости и выносливости (первая группа предельных состояний) в соответствии с 5.1.3.7,

требованиям по жесткости(вторая группа предельных состояний) в соответствии с 5.1.3.8 и требованиям по вибрации (вторая группа предельных состояний) в соответствии с 5.1.3.9.

5.1.3.7 Прочность пролетного строения из полимерных композитов определяется величиной разрушающей нагрузки, при которой происходит исчерпание конструкцией ее несущей способности (разрушение). Величина разрушающей нагрузки конструкции определяется расчетом при разработке проектной документации. При расчетах выносливости для определения предельного количества циклов допускается использовать формулы в соответствии с Приложением В.

Приложение к пролетному строению из полимерных композитов нагрузки менее 100 % от разрушающей не должно приводить к потери несущей способности (разрушению).

5.1.3.8 Прогибы элементов пролетных строений допускается определять аналитически по формулам строительной механики. При этом следует учитывать изгибную и сдвиговую жесткости конструкции. При использовании для расчетов компьютерных программ необходимо использовать соответствующие типы конечных элементов, учитывающие деформации изгиба и сдвига.

Данный документ подразумевает расчет деформаций и перемещений конструкций с использованием компьютерной программы, обладающей аппаратом для расчета слоистых композитов методом конечных элементов.

Вертикальные упругие прогибы пролетных строений не должны превышать:

– $\ell/400$ при действии подвижной временной вертикальной нагрузки, где: ℓ – расчетный пролет (м).

Нормативную временную вертикальную нагрузку следует принимать в виде равномерно распределенной нагрузки - 4,0 кПа(4 кН/м^2).

5.1.3.9 В пролетных строениях расчетные периоды собственных колебаний (в незагруженном состоянии) по двум низшим формам (в балочных разрезных системах - по одной низшей форме) не должны попадать в интервал от 0,45 до 0,60 с - в вертикальной и от 0,9 до 1,2 с - в горизонтальной плоскостях.

Для пролетных строений пешеходных мостов следует при этом учитывать возможность загружения их толпой, создающей нагрузку 0,50 кПа.

5.1.3.10 Требования по прочности, жесткости и вибрации, установленные настоящим стандартом к пролетным строениям из полимерных композитов должны быть подтверждены испытаниями нагружением в соответствии с 9.7, 9.8, 9.9.

5.1.3.11 Пролетным строениям из полимерных композитов следует задавать строительный подъем, компенсирующий вертикальные деформации пролетного строения от постоянной нагрузки.

5.2 Требования к материалам

5.2.1 Полимерный композит конструктивных элементов пешеходных мостов и путепроводов должен представлять собой конструкционный многослойный материал (ламинат), каждый слой которого (ламель) состоит из термореактивной смолы, наполненной армирующими материалами.

5.2.2 В качестве термореактивной смолы следует использовать:

– полиэфирные смолы;

– винилэфирные смолы;

– эпоксидные смолы;

– фенольные смолы;

– эпоксивинилэфирные смолы.

5.2.3 Армирующие наполнители должны быть изготовлены из стекловолокна или углеволокна.

5.2.4 В качестве армирующих наполнителей следует использовать следующие виды материалов из стекловолокна или углеволокна:

– одно- и многонаправленные(мультиаксиальные) ткани (в том числе нитепрошивные полотна);

– однонаправленные волокна (ровинги, ленты, полотна);

– маты из непрерывных волокон;

– маты из рубленых волокон.

Длина рубленых волокон в матах должна быть не менее 50 мм.

5.2.5 Применение матов в ламинате верхнего и нижнего слоя несущих конструкций в качестве армирующих наполнителей не допускается.

5.2.6 В ячеистом ламинате несущих конструкций, а также во всех ламинатах других конструктивных элементов допускается применение матов только в сочетании с другими армирующими наполнителями – однонаправленными ровингами и (или) тканями (однонаправленными или многонаправленными).

5.2.7 В состав полимерных композитов допускается вводить инертные наполнители, предназначенные для обеспечения свойств конструктивных элементов из полимерных композитов в соответствии с требованиями настоящего стандарта и проектной документации.

5.2.8 К инертным наполнителям относятся:

– стабилизаторы ультрафиолетового излучения и озона;

– ингибиторы горения;

– цветные пигменты;

– наполнители;

– волокна, не являющиеся армирующими наполнителями.

5.2.9.1 К наполнителям относятся:

– мел ($CaCO_3$);

– оксид кремния (SiO_2);

– стеклянные микросферы (полые и сплошные);

– полые полимерные микросферы (из термопластичных или термореактивных полимеров);

- и другие вещества.

5.2.9.2 К волокнам, не являющимся армирующими наполнителями, относятся:

– термопластичные полиэфирные волокна;

– полиамидные волокна;

– хлопковые волокна;

- и другие вещества.

5.2.10 Введение в состав полимерных композитов инертных наполнителей не должно приводить к снижению средних значений сопротивления данных материалов.

5.2.11Объемное содержание армирующих волокон в полимерных композитах конструктивных элементов должно быть не менее 30%.

5.2.12 Изготовление конструктивных элементов из полимерных композитов не соответствующих 5.2.6 настоящего стандарта не допускается.

5.2.13 Ламинат конструктивных элементов из полимерных композитов должен состоять из ламелей. Количество ламелей и их чередование определяется расчетом при разработке проектной документации.

Соблюдение данного условия позволяет перераспределить и минимизировать межслойные напряжения в полимерном композите.

5.2.14 Полимерные композиты несущих конструкций должны производиться по технологии вакуумной инфузии.

Полимерные композиты других конструктивных элементов могут производиться по следующим технологиям:

– вакуумная инфузия (VaRTM);

– пропитка под давлением (RTM);

– препрегирование;

– пултрузия;

– ручная выкладка.

5.2.15 Для определения нормативных и расчетных значений прочности и жесткости полимерных композитов конструктивных элементов должны быть определены их средние значения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Характеристики прочности и жесткости полимерных композитов и методы их контроля

Характеристика	Метод контроля
Характеристики прочности	
Предел прочности при растяжении в направлении 0°	ГОСТ 11262
Предел прочности при растяжении в направлении 90°	
Предел прочности при сжатии в направлении 0°	ГОСТ 4651 (ASTM D 6641)
Предел прочности при сжатии в направлении 90°	
Предел прочности при статическом изгибе	ГОСТ 4648
Предел прочности при межслоевом сдвиге	ИСО 14130
Температура тепловой деформации	ИСО 75-3
Характеристики жесткости	
Модуль упругости при растяжении в направлении 0°	ГОСТ 9550
Модуль упругости при растяжении в направлении 90°	
Модуль сдвига	ИСО 14129
Коэффициент Пуассона	ГОСТ 25.602

5.2.16 Для полимерных композитов конструктивных элементов должны быть определены физико-химические характеристики в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 – Физико-химические характеристики полимерных композитов и методы их контроля

Характеристика	Метод контроля
Плотность	ГОСТ 15139,метод гидростатического взвешивания
Водопоглощение	ГОСТ 4650
Температура стеклования	ИСО 11359-2
Коэффициент линейного температурного расширения	ГОСТ 15173
Коэффициент теплопроводности	ГОСТ 23630.2

5.3 Требования стойкости к внешним воздействиям

5.3.1 Требования стойкости конструктивных элементов к внешним воздействиям

5.3.1.1 Конструктивные элементы из полимерных композитов должны быть пригодны для эксплуатации в следующих условиях:

- интервал рабочих температур, °С, - от плюс 60 до минус 45;
- зоны влажности, по [6]- сухая, нормальная, влажная;
- степень агрессивности наружной среды - неагрессивная, слабоагрессивная;
- сейсмичность – до 9 баллов.

5.3.1.2 Расчетные сроки службы пролетных строений из полимерных композитов, предназначенных для эксплуатации в условиях в соответствии с 5.3.1.1, должны быть не менее 70 лет.

5.3.2 Требования стойкости полимерных композитов конструктивных элементов к внешним воздействиям

5.3.2.1 Полимерные композиты конструктивных элементов должны удовлетворять требованиям по морозостойкости и водонепроницаемости, предъявляемым к бетону по [1].

5.3.2.2 Показатели морозостойкости полимерных композитов должны соответствовать марке бетона по морозостойкости не ниже F300 (в солях) по ГОСТ 10060.0 для бетонов дорожных и аэродромных покрытий. К показателям морозостойкости относятся изменение средних значений прочности при растяжении и сжатии и потеря массы.

Снижение средних значений прочности на растяжение и сжатие основных образцов (по ГОСТ 10060.0) полимерных композитов после установленных по ГОСТ 10060.0 числа циклов переменного замораживания и оттаивания по сравнению со средними значениями прочности на растяжение и сжатие контрольных образцов (по ГОСТ 10060.0) в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4 – Показатели морозостойкости полимерных композитов

Характеристики прочности	Коэффициент снижения прочности, %, не более
Предел прочности при растяжении в направлении 0°	5
Предел прочности при растяжении в направлении 90°	
Предел прочности при сжатии в направлении 0°	
Предел прочности при сжатии в направлении 90°	

Потеря массы основных образцов (по ГОСТ 10060.0) полимерных композитов не должна превышать 3 %.

5.3.2.3 Полимерные композиты конструктивных элементов должны удовлетворять требованиям по влагостойкости по 5.3.2.4 и термостойкости по 5.3.2.5.

Показателем влагостойкости является изменение средних значений прочности при растяжении и сжатии водонасыщенных образцов (по ГОСТ 4650) полимерных композитов.

Показателем термостойкости является изменение средних значений прочности при растяжении и сжатии образцов полимерных композитов нагретых до температуры 60 °С.

5.3.2.4 Снижение средних значений прочности на растяжение и сжатие водонасыщенных образцов (по ГОСТ 4650) полимерных композитов относительно значений прочности на растяжение и сжатие образцов до водонасыщения (по ГОСТ 4650) не должно превышать значения коэффициента снижения прочности 1.33.

5.3.2.5 Снижение средних значений прочности при растяжении и сжатии образцов полимерных композитов нагретых до температуры 60 °С относительно значений прочности на растяжение и сжатие образцов до нагревания не должно превышать значений коэффициентов снижения прочности в соответствии с таблицей 5.

5.3.2.6 Полимерные композиты конструктивных элементов должны удовлетворять требованиям по светостойкости по 5.3.2.7 и стойкости к климатическому старению по 5.3.2.8.

Показателем светостойкости является изменение средних значений прочности при растяжении и сжатии образцов (по ГОСТ 11262 – при растяжении, по ГОСТ 4651 – при сжатии) полимерных композитов после воздействия ультрафиолетового излучения.

Таблица 5 – Показатели термостойкости полимерных композитов

Характеристики прочности	Коэффициент снижения прочности при t = 60 °С
Предел прочности при растяжении	1,15
Предел прочности при сжатии	1,15

5.3.2.7 Снижение средних значений прочности при растяжении и сжатии образцов полимерных композитов после воздействия ультрафиолетового излучения (по ГОСТ 9.708, метод 2) относительно значений прочности на растяжение и сжатие образцов до воздействия ультрафиолетового излучения не должно превышать значений коэффициентов снижения прочности в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6 – Показатели светостойкости полимерных композитов

Характеристики прочности	Коэффициент снижения прочности, %, не более
Предел прочности при растяжении	10
Предел прочности при сжатии	

5.4 Маркировка

5.4.1 Каждая несущая конструкция из полимерного композита должна иметь четкую, легко читаемую маркировку. Маркировку осуществляют с помощью информационных табличек.

5.4.2 Информационная табличка должна быть прикреплена к несущей конструкции из полимерного композита клеевым способом или механическим крепежом. Расположение информационной таблички определяется в соответствии с проектной документацией.

5.4.3 Маркировка должна сохраняться в течение всего срока годности несущей конструкции из полимерного композита при хранении, транспортировании, погрузочно-разгрузочных работах и эксплуатации, причем маркировка должна оставаться легко читаемой.

5.4.4 Маркировка должна содержать следующие данные:

– наименование конструктивного элемента;

– условное обозначение;

– наименование и (или) товарный знак предприятия-изготовителя;

– массу нетто в кг;

– год изготовления.

5.5 Упаковка

5.5.1 Упаковку конструктивных элементов из полимерных композитов производят в соответствии с требованиями, определенными в договоре на изготовление (поставку) данной продукции.

5.5.2 Для районов Крайнего Севера упаковка и маркировка производится по ГОСТ 15846.

6 Требования безопасности

6.1 Предел огнестойкости несущих конструкций из полимерных композитов должен быть RE 30 по ГОСТ 30247.0 и ГОСТ 30247.1.

6.2 Для полимерных композитов, составляющих конструктивные элементы мостов и путепроводов должны быть определены характеристики пожарной опасности: группа горючести, группа воспламеняемости, группа дымообразующей способности, группа токсичности продуктов горения

Характеристики пожарной опасности полимерных композитов, составляющих конструктивные элементы мостов и путепроводов, должны быть не менее:

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

6.3 Конструктивные элементы из полимерных композитов не должны оказывать вредного влияния на организм человека при непосредственном контакте.

6.4 При производстве работ по сооружению мостов и путепроводов из полимерных композитов необходимо выполнять требования техники безопасности в соответствии с [2] и [3].

6.5 Производственные процессы должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.002, применяемое оборудование – ГОСТ 12.2.003, способы производства погрузочно-разгрузочных работ – ГОСТ 12.3.009.

6.6 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности должны осуществляться в соответствии с ГОСТ 12.1.004.

6.7 При выполнении окрасочных работ с применением электрооборудования необходимо до начала работы осуществлять проверку исправности оборудования, защитного заземления, сигнализации, а в процессе работы не допускать перегибания гидравлических и пневматических шлангов и их прикосновения к подвижным стальным канатам.

6.8 Ремонтные работы на высоте более 1,3 м должны выполняться с подвесных или стоечных подмостей, люлек или других средств, обеспечивающих безопасное выполнение работ.

7 Требования охраны окружающей среды

7.1 Конструктивные элементы из полимерных композитов не должны выделять в окружающую среду токсичных веществ.

Общие требования к охране окружающей среды должны соответствовать требованиям ГОСТ 17.2.3.02.

7.2 Экологичность при эксплуатации, хранении и транспортировании конструктивных элементов из полимерных композитов должна обеспечиваться отсутствием специальных мероприятий для предупреждения нанесения вреда окружающей среде.

7.3 Конструктивные элементы из полимерных композитов не должны оказывать негативное воздействие на окружающую среду после вывода из эксплуатации и последующей утилизации.

8 Правила приемки

8.1 Общие правила

8.1.1 Входной контроль исходных материалов осуществляется по ГОСТ 24297 в соответствии с перечнем обязательного входного и технологического контроля сырья и материалов, утвержденного на предприятии

Несущие конструкции из полимерных композитов принимают единичными экземплярами в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

8.1.2 Конструктивные элементы из полимерных композитов, не являющихся несущими конструкциями, принимают единичными экземплярами или партиями в соответствии с требованиями настоящего стандарта и договором на изготовление (поставку) данной продукции.

8.1.3 Партией считают количество единиц продукции одного типа, изготовленных по одной технологии из одинаковых сырьевых материалов, сдаваемые одновременно и сопровождаемые одним паспортом качества.

8.1.4 Для проверки соответствия конструктивных элементов требованиям настоящего стандарта проводятся квалификационные, приемо-сдаточные и периодические испытания.

8.1.5 Квалификационные испытания проводятся по контролируемым показателям таблицы 7 настоящего стандарта при освоении производства конструктивных элементов, а также в следующих случаях:

– при изменении технологического процесса изготовления;

– при изменении марок используемых сырьевых материалов;

– при изменении поставщика и (или) изготовителя используемых сырьевых материалов.

Таблица 7 – Состав квалификационных испытаний

Контролируемые показатели	Конструктивные элементы	
	Несущие конструкции	Конструкции, не являющиеся несущими
Дефекты внешнего вида	+	+
Маркировка	+	+
Предел огнестойкости	+ (фрагмент конструкции)	+

Окончание таблицы 7

Контролируемые показатели		Конструктивные элементы	
		Несущие конструкции	Конструкции, не являющиеся несущими
Морозостойкость		+ (дополнительное защитное покрытие)	+ (дополнительное защитное покрытие)
Истираемость		+ (дополнительное защитное покрытие)	+ (дополнительное защитное покрытие)
Разрушающая нагрузка	при трехточечном изгибе	+ (фрагмент конструкции)	+ (фрагмент конструкции)
	при местном сжатии (смятии) на опорах	+ (фрагмент конструкции)	+ (фрагмент конструкции)
Вертикальные упругие прогибы (при нормативной временной вертикальной нагрузке в виде равномерно распределенной нагрузки 4 кН/м^2)		+	–
Расчетные периоды собственных колебаний		+	–

8.1.6 Приемо-сдаточные испытания проводят с целью контроля соответствия конструктивных элементов из полимерных композитов требованиям настоящего стандарта для определения возможности приемки продукции.

Приемо-сдаточные испытания проводятся на каждой единице несущей конструкции и на каждой единице или партии конструктивных элементов из полимерных композитов, не являющихся несущими конструкциями, по следующим контролируемым показателям таблицы 7 настоящего стандарта:

– дефекты внешнего вида;

– маркировка;

– вертикальные упругие прогибы (только для несущих конструкций);

– расчетные периоды собственных колебаний (только для несущих конструкций).

Дополнительно к контролируемым показателям таблицы 7, при приемо-сдаточных испытаниях проверяется прочность крепления перил (при нормативной временной нагрузке в виде сосредоточенного вертикального или горизонтального давления 1,27 кН).

8.1.7 Периодические испытания проводят для регулярного подтверждения качества конструктивных элементов из полимерных композитов и стабильности технологического процесса, с целью подтверждения возможности продолжения изготовления конструктивных элементов из полимерных композитов по действующей технологической документации и продолжения их приемки.

Периодические испытания проводятся в объеме квалификационных испытаний - не реже 1 раза в год на конструктивных элементах из полимерных композитов, прошедших приемо-сдаточные испытания.

8.1.8 Все элементы из полимерных композитов обследуются визуально на предмет выявления поверхностных дефектов.

8.1.9 По маркировке, вертикальным упругим прогибам и расчетным периодам собственных колебаний проверяется каждая несущая конструкция из полимерных композитов.

8.1.10 Порядок отбора и число образцов для проведения испытаний по пределу огнестойкости, морозоустойчивости, истираемости и по требованиям 5.1.3.7, 5.1.3.8, 5.1.3.9 настоящего стандарта устанавливается стандартами на методы испытаний.

8.1.11 По прочности крепления перил проверяется не менее 2 фрагментов несущей конструкции пролетного строения и лестничного схода.

8.1.12 Каждая несущая конструкция из полимерных композитов должна иметь комплект сопроводительной документации включающий в себя:

– техническое свидетельство на конструкцию;

– техническое свидетельство на материал несущей конструкции;

– сертификат пожарной безопасности;

– паспорт качества;

– протокол приемо-сдаточных испытаний материала несущей конструкции;

– инструкцию по эксплуатации, содержанию и ремонту.

8.1.13 Другие конструктивные элементы должны иметь комплект сопроводительной документации включающий в себя:

– техническое свидетельство на материал конструктивного элемента;

– сертификат пожарной безопасности;

– паспорт качества;

– протокол приемо-сдаточных испытаний материала конструктивного элемента;

– инструкцию по эксплуатации, содержанию и ремонту.

8.1.14 Паспорт качества на конструктивный элемент, из полимерных композитов должен содержать следующую информацию:

– наименование, тип и условное обозначение;

– наименование страны-изготовителя;

– наименование и/или товарный знак предприятия-изготовителя;

– юридический адрес предприятия-изготовителя;

– фактический адрес предприятия-изготовителя и контактную информацию предприятия-изготовителя (телефон, телефакс, адрес электронной почты);

– массу нетто в кг;

– дату приемки;

– срок хранения;

– обозначение настоящего стандарта;

– штамп и подпись ответственного лица отдела технического контроля предприятия-изготовителя.

8.2 Приемка конструктивных элементов из полимерных композитов на предприятии

8.2.1 Приемку конструктивных элементов из полимерных композитов осуществляет комиссия предприятия-изготовителя.

8.2.2 Приёмка несущих конструкций из полимерных композитов включает в себя контроль образцов материала конструктивных элементов и контроль конструктивных элементов после их изготовления.

8.2.3 Контроль образцов материала конструктивных элементов из полимерных композитов следует проводить до начала изготовления конструктивных элементов.

8.2.4 Образцы для контроля должны изготавливаться по технологии и из исходных материалов предназначенных для создаваемого конструктивного элемента.

8.2.5 Требования к образцам, методы и объём контроля, а также критерии приёмки должны соответствовать требованиям стандартов на материалы для конструктивных элементов из полимерных композитов.

8.2.6 Результаты контроля материала конструктивных элементов оформляются протоколами.

8.2.7 При получении неудовлетворительных результатов контроля хотя бы по одному из показателей, необходимо проведение повторных испытаний. В случае неудовлетворительных результатов по-

вторных испытаний проводится анализ прочности конструктивного элемента на предмет необходимости его усиления.

8.2.8 При приемке конструктивных элементов из полимерных композитов после их изготовления проверяется:

– сводный перечень материалов, примененных для изготовления конструктивных элементов из полимерных композитов, с приложением полученных от поставщиков сертификатов соответствия и паспортов качества на данные материалы, а также результаты входного контроля на предприятии;

– результаты контроля образцов материала конструктивных элементов (только для несущих конструкций);

– соответствие конструктивных элементов из полимерных композитов требованиям конструкторской и технологической документации;

– перечень отступлений от утвержденного проекта и от технологического процесса изготовления с соответствующими согласованиями.

8.2.9 После завершения настоящей проверки назначается и проводится испытание конструктивного элемента нагружением (только для несущих конструкций) для проверки его соответствия требованиям по 5.1.3.8 и по 5.1.3.9 настоящего стандарта.

8.2.10. В случае выявления несоответствия конструктивного элемента (только для несущих конструкций) требованиям по 5.1.3.8 и по 5.1.3.9 настоящего стандарта настоящий конструктивный элемент признается непригодным для применения в качестве несущей конструкции.

8.2.11 Конструктивный элемент, признанный непригодным для применения в качестве несущей конструкции, по решению комиссии может быть признан пригодным к ограниченному применению, о чем вносится соответствующая запись в паспорт качества с указанием рекомендаций по применению данного конструктивного элемента.

8.2.12 Конструктивный элемент из полимерных композитов, признанный по результатам приемки полностью непригодным для применения подлежит утилизации в соответствии с правила утилизации данной продукции, действующими в Российской Федерации.

8.2.13 По результатам приемки комиссия оформляет Акт.

8.3 Приемка конструктивных элементов из полимерных композитов, поступивших на строительную площадку.

8.3.1 Приемку конструктивных элементов из полимерных композитов, поступивших на строительную площадку осуществляет комиссия, в состав которой входят представители предприятия-изготовителя и организации, осуществляющей монтаж конструктивных элементов моста.

Приемка осуществляется в виде входного контроля, который включает в себя:

– проверку паспорта качества поступивших конструктивных элементов из полимерных композитов;

– проверку комплектности конструктивных элементов мостов и переходов из полимерных композитов;

– проверка сохранности после транспортировки на предмет выявления внешних повреждений, снижающих несущую способность и долговечность конструктивных элементов из полимерных композитов.

8.3.2 После проведения входного контроля, организация осуществляющая монтаж и предприятие-изготовитель оформляют Акт приема-передачи конструктивных элементов из полимерных композитов.

8.4 Приемка моста с конструктивными элементами из полимерных композитов в эксплуатацию

8.4.1 Приемку моста с конструктивными элементами из полимерных композитов в эксплуатацию проводит комиссия, в состав которой входят представители предприятия-изготовителя, разработчика и заказчика, в соответствии с порядком, установленным в системе заказчика.

Испытания и приемка в эксплуатацию моста с конструктивными элементами из полимерных композитов проводятся по [7].

9 Методы контроля и испытаний

9.1 Геометрические параметры конструктивных элементов из полимерных композитов проверяют в соответствии с требованиями ГОСТ 26433.1 с применением измерительных инструментов необходимой точности.

9.2 Проверка состояния поверхности, цвета, производственных дефектов и маркировки конструктивных элементов из полимерных композитов производится визуально путем сравнения с контрольным образцом.

9.3 Предел огнестойкости фрагментов несущих конструкций из полимерных композитов определяется по ГОСТ 30247.0 и ГОСТ 30247.1.

9.4 Определение истираемости рабочих поверхностей фрагментов пролетных строений, площадок и ступеней лестничных сходов из полимерных композитов (верхнего слоя ламината) с нанесенным дополнительным износостойким противоскользящим покрытием производится по ГОСТ Р 53627.

9.5 Определение морозостойкости рабочих поверхностей фрагментов пролетных строений, площадок и ступеней лестничных сходов из полимерных композитов (верхнего слоя ламината) с нанесенным дополнительным износостойким противоскользящим покрытием производится по ГОСТ 10060.0, ГОСТ 10060.2.

9.6 Для определения прочности несущих конструкций из полимерных композитов проводят испытания полноразмерных фрагментов конструкций на трехточечный изгиб и на местное сжатие (смятие) на опорах в соответствии с ГОСТ 8829.

Схемы опирания и нагружения, а также размеры образцов для испытания определяются программой испытаний, разработанной на основе расчетов и в соответствии с проектной документацией.

9.7 Для определения вертикальных упругих прогибов несущих конструкций из полимерных композитов проводят статические испытания нагружением полноразмерных фрагментов конструкций в соответствии с ГОСТ 8829.

Схемы опирания и нагружения, а также размеры образцов для испытания определяются программой испытаний, разработанной на основе расчетов и в соответствии с проектной документацией.

9.8 Расчетные периоды собственных колебаний пролетных строений из полимерных композитов определяются в соответствии с [7].

9.9 Испытания перил пешеходного моста проводятся в соответствии с [9].

10 Транспортирование и хранение

10.1 Транспортирование

10.1.1 Транспортировку конструктивных элементов из полимерных композитов производят любым видом транспорта в соответствии с правилами перевозки грузов, действующих на каждом виде транспорта и требованиями, установленными в договоре на поставку данной продукции.

10.1.2 При транспортировке необходимо, чтобы подкладки для конструктивных элементов из полимерных композитов оставались в правильном положении, либо крепились к основанию или к конструктивным элементам.

10.1.3 Все конструктивные элементы из полимерных композитов при транспортировке должны надёжно крепиться к опоре стропами, ремнями и т. д. Необходимое число опор и мест крепления при транспортировке определяется расчётом и устанавливается проектом.

10.1.4 При проведении погрузочно-разгрузочных работ необходимо соблюдать следующие требования:

– избегать точечных нагрузок (ударов);

– стропы располагать вдоль линий, соединяющих точку приложения нагрузки и точку подъёма;

– места контакта строп с конструктивными элементами из полимерных композитов должны быть защищены деревянными или другими твёрдыми прокладками, препятствующими движению строп вдоль конструктивных элементов;

– при подъёме вильчатым подъёмником следует выполнять рекомендации для строповки и предусматривать прокладки между вилочным захватом и конструктивными элементами из полимерных композитов;

– выгрузку конструктивных элементов из полимерных композитов следует проводить в обратном порядке по сравнению с погрузкой.

10.2 Хранение

10.2.1 Конструктивные элементы из полимерных композитов следует хранить под тентом при температуре окружающей среды и относительной влажности, соответствующим условиям эксплуатации.

10.2.2 Конструктивные элементы из полимерных композитов длиной не менее 1,5 м рекомендуется хранить на расстоянии не более 1,5 м друг от друга в продольном направлении.

11 Указания по применению

На каждый вид конструктивного элемента из полимерного композита должна быть разработана и утверждена предприятием-изготовителем «Инструкция по эксплуатации, содержанию и ремонту».

12 Гарантии изготовителя

12.1 Изготовитель гарантирует соответствие конструктивных элементов пешеходных мостов и путепроводов из полимерных композитов, изготовленных методом вакуумной инфузии, требованиям настоящего стандарта при соблюдении условий транспортирования, хранения и применения.

12.2 Гарантийный срок эксплуатации конструктивных элементов пешеходных мостов и путепроводов из полимерных композитов, изготовленных методом вакуумной инфузии, в течение которого изготовитель обязан устранять обнаруженные потребителем дефекты, устанавливается договором на изготовление (поставку) данной продукции.

12.3 В связи с необходимостью накопления статистических данных по результатам применения конструктивных элементов из полимерных композитов и с целью оценки фактической работы подобных

конструкций должен осуществляться мониторинг напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов из полимерных композитов, то есть должна быть организована и поддерживаться система длительного контроля за их состоянием и поведением в процессе строительства (реконструкции) и эксплуатации.

Срок контроля определяется договором на изготовление (поставку) конструктивных элементов из полимерных композитов и должен составлять не менее 5 лет.

Приложение А
(обязательное)

Требования к расчету несущих конструкций пешеходных мостов и путепроводов из полимерных композитов

А.1 Требования к расчету

А.1.1 Несущие конструкции следует рассчитывать по методу предельных состояний на действие постоянных нагрузок и неблагоприятное сочетание временных нагрузок в соответствии с требованиями [1], ГОСТ Р 54257 и настоящего стандарта.

А.1.2 При расчётах по первому предельному состоянию определяются характеристики прочности, устойчивости и выносливости.

А.1.3 При расчётах по второму предельному состоянию определяются характеристики деформации, вибрации и трещинообразования.

А.1.4 Расчетные схемы и основные предпосылки расчета должны отражать действительные условия работы несущих конструкций мостов и путепроводов при их эксплуатации.

А.1.5 Расчеты несущих конструкций следует производить в предположении их линейно-упругой работы.

А.1.6 Выбор расчетных схем, а также методов расчета конструктивных элементов необходимо производить с учетом эффективного использования ЭВМ.

Расчёт прочности конструкции следует проводить методом конечных элементов (МКЭ) с использованием пространственных конечно-элементных моделей.

А.1.7 Величины напряжений (деформаций), определяемые в элементах несущих конструкций при расчетах пешеходных мостов и путепроводов в стадии эксплуатации, не должны превышать расчетных сопротивлений (предельных деформаций).

А.1.8 Усилия в элементах и перемещения конструктивных элементов из полимерных композитов определяются из условия их работы с сечениями брутто.

А.1.9 Геометрическую нелинейность, вызванную перемещением элементов конструкций, следует учитывать при расчете систем, в которых ее учет вызывает изменение усилий и перемещений более чем на 10 %.

А.1.10 При проектировании необходимо обеспечивать пространственную неизменяемость, прочность, общую и местную устойчивость пролетных строений и опор в целом, блоков, отдельных элементов, их частей, деталей и соединений под воздействием нагрузок, возникающих при изготовлении, транспортировании и монтаже, под воздействием эксплуатационных нагрузок.

А.1.11 Для элементов, ослабленных отверстиями под обычные болты, при расчетах на прочность следует принимать сечения нетто, на устойчивость и жесткость – сечения брутто.

А.1.12 Геометрические характеристики сечения нетто элементов конструкций следует находить с учетом ослаблений.

А.1.13 При расчетах перемещений пролётного строения от температурного воздействия расчетные температуры конструкций, выполненных из полимерного композита, определяются как для металлических конструкций. Значение КЛТР полимерного композита следует принимать в соответствии с нормативно-техническими документами на конструкционные полимерные композиты.

А.1.14 Устойчивость моста против опрокидывания и сдвига следует определять по [1]. Проектирование опорных частей проводить с учетом действия как усилий отрыва, так и усилий сжатия, возникающих при ветровом воздействии.

А.1.15 Следует учитывать, что по сравнению с конструкциями из бетона и стали, при проектировании конструктивных элементов из полимерных композитов деформации имеют большее значение, поскольку ламинаты полимерных композитов обладают относительно меньшим модулем упругости.

А.1.16 Упругие прогибы и деформации пролетных строений рассчитываются на основании значения модуля упругости в конце срока службы конструкции путем деления его на коэффициенты надёжности.

А.1.17 При определении деформаций конструктивных элементов из полимерных композитов следует учитывать деформации, возникающие вследствие изгиба, а также вследствие сдвига.

При использовании компьютерной программы необходимо проверить, что деформации сдвига также учтены, например, путем выбора соответствующего типа элемента или установления соответствующих настроек программы.

А.1.18 Расчет стальных элементов, включая стальные элементы в зоне болтовых соединений, выполняется в соответствии с [1, раздел 4].

А.1.19 Прочность болтовых соединений элементов определяется расчетом на срез и смятие.

А.1.20 Проверка полимерного композита в зоне болтового соединения зависит от типа разрушения элемента, а также от геометрических и прочностных параметров соединения.

А.1.21 Стыки, как правило, должны проектироваться так, чтобы не допускать работы материала на сдвиг.

В многоболтовых соединениях работа одной части соединений на смятие, а другой части на сдвиг не допускается.

А.1.22 В связи с низкой жесткостью элементов из полимерных композитов по сравнению со стальными элементами, усилия, действующие на многоболтовое соединение, распределяются по отдельным соединениям.

А.1.23 Диаметр шайбы должен быть не меньше удвоенного диаметра болта.

А.1.24 Необходимо избегать касания резьбой болта материала полимерного композита.

А.1.25 Силы трения, возникающие в соединениях при расчетах на смятие и скалывание, не учитываются.

А.1.26 Соединения на анкерных болтах проектировать по [5].

А.1.27 Строительный подъем, компенсирующий вертикальные деформации пролетного строения от постоянной нагрузки, коэффициент надежности по нагрузке, вертикальные упругие прогибы пролетных строений, расчетные периоды собственных колебаний в пролетных строениях пешеходных мостов и путепроводов принимаются по [1].

А.1.28 Проверка устойчивости несущих конструкций из полимерных композитов должна осуществляться при наличии в элементах несущих конструкций сжимающих или сдвигающих (касательных) напряжений.

А.1.29 При проверке устойчивости необходимо соблюсти следующее условие: произведение коэффициентов надежности по нагрузке γ_f и надежности по материалу γ_m должно быть не менее 2,5.

А.1.30 Критерием устойчивости несущих конструкций является неравенство, в котором нагрузка, вызывающая сжимающие или сдвигающие напряжения, должна быть меньше предельно допустимой нагрузки по условию устойчивости:

$$P_{\text{р}} \leq P_{\text{кр}} \qquad \text{(А1)}$$

А.1.31 Проверка несущих конструкций по условию выносливости проводится исходя из того, что в результате длительного действия циклически изменяющихся во времени напряжений и деформаций имеет место изменение механических и физических свойств полимерного композита.

А.1.32 При проверке выносливости несущих конструкций необходимо учитывать наиболее неблагоприятные сочетания нагрузок, руководствуясь положениями [1].

А.1.33 Критерием выносливости несущих конструкций является отношения количества циклов нагружения в течение определенного временного отрезка срока службы конструкций к предельному количеству циклов (Приложения Б и В):

$$D = \frac{n}{N_f} \leq 1 \qquad \text{(А.2)}$$

А.1.34 При проектировании мостов и путепроводов из полимерных композитов следует обеспечить комфортность движения пешеходов путем ограничения упругих прогибов пролетных строений от подвижной временной вертикальной нагрузки.

А.1.35 Вертикальные упругие прогибы пролетных строений пешеходных мостов определяются по [1].

Приложение Б
(обязательное)

Расчет несущих конструкций пешеходных мостов и путепроводов из полимерных композитов по предельным состояниям

Б.1 Общие положения

Б.1.1 В основу надежности расчета несущих конструкций из армированной стекловолокном полимерной смолы положено следующее основное неравенство:

$$S * \gamma_f \leq \frac{R}{\gamma_m * \gamma_c} \qquad (Б.1)$$

где: S – напряжения (деформации) в конструкции от воздействия нормативных нагрузок;

R –нормативные значения сопротивлений (деформаций) полимерного композита;

γ_f – коэффициент надежности по нагрузке;

γ_m – коэффициент надежности по материалу;

γ_c – коэффициент пересчета;

Коэффициент надежности по материалу γ_m определяется как произведение:

$$\gamma_m = \gamma_{m1} * \gamma_{m2} \qquad (Б.2)$$

где: γ_{m1} = 1,35–частный коэффициент, учитывающий неопределенность при определении свойств материала в процессе испытаний;

γ_{m2} – частный коэффициент, учитывающий неопределенность свойств материала, обусловленную способом изготовления изделия (таблица Б.1). Для ламинатов, изготовленных с последующим отверждением методом вакуумной инфузии, значение $\gamma_{m2} = 1{,}2$.

Минимальное значение коэффициента γ_m должно быть не менее 1,5 при расчете прочности и не менее 2,5 при расчете устойчивости.

Таблица Б.1 –Значения коэффициента надёжности γ_{m2} в зависимости от метода изготовления конструкции

Способ производства	Коэффициент надежности γ_{m2}	
	Постотвержденный полимерный композит	Полимерный композит без постотверждения
Вакуумная инфузия (VaRTM)	1,2	1,4
Пропитка под давлением (RTM)	1,2	1,4
Препергирование	1,1	1,3
Пултрузия	1,1	1,3
Ручная выкладка	1,4	1,7

С помощью специального коэффициента пересчета для армированной стекловолокном полимерной термореактивной смолы γ_c учитывается неблагоприятное воздействие температуры, влажности и морозостойкости, длительное действие нагрузки (ползучесть) и циклическое действие нагрузки (усталость).

Коэффициент пересчета определятся из произведения частных коэффициентов:

$$\gamma_c = K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 \quad (Б.3)$$

где: K_1– частный коэффициент, учитывающий влияние температуры;
K_2– частный коэффициент, учитывающий влияние влажности;
K_3– частный коэффициент, учитывающий влияние ползучести;
K_4– частный коэффициент, учитывающий влияние усталости;
K_5– частный коэффициент, учитывающий морозостойкость.

Применение частных коэффициентов при расчете по тому или иному предельному состоянию осуществляется в соответствии с таблицей Б.2.

Таблица Б.2 - Комбинации частных коэффициентов пересчета для соответствующих предельных состояний

Коэффициенты пересчета	Первое предельное состояние			Второе предельное состояние		
	Прочность	Устойчивость	Выносливость	Жесткость	Вибрации	Первая трещина
По температуре K_1	x	x	x	x	x	x
По влажности K_2	x	x	x	x	x	x
По ползучести K_3	x	x	-	-	-	x
По выносливости K_4	-	x	-	x	x	x
По морозостойкости K_5	x	-	x	-	-	x

Коэффициент пересчета по температуре составляет $K_1 = 1$.

Коэффициент пересчета по влажности для конструкций, находящихся в условиях переменной влажности $K_2 = 1{,}1$.

Коэффициент пересчета по выносливости составляет $K_4 = 1{,}1$.

Коэффициент пересчета по морозостойкости принимается $K_5 = 1{,}07$.

Б.1.2 Коэффициент K_3, учитывающий влияние ползучести, следует применять для долговременных нагрузок на конструкцию и рассчитывать по формуле:

$$K_3 = t^n \quad (Б.4)$$

где: t – продолжительность нагрузки в часах. Для 100 лет эксплуатации t_{100}=

876 600 часов, для 40 лет эксплуатации t_{40}= 350 640 часов;

n – показатель степени, зависящий от типа армирования. При расположении волокон по направлению нагрузки: n = 0,01 – для однонаправленных слоёв, n= 0,04 – для тканых слоёв и n = 0,1 – для слоёв из мата.

Расчетные значения коэффициента K_3 для однонаправлено армированных слоев полимерного композита, тканых слоев и слоев из мата приведены в таблице Б.3.

Т а б л и ц а Б.3 – Значения коэффициента K_3 в зависимости от времени действия нагрузки

Продолжительность действия нагрузки, часов	Значение коэффициента K_3 для показателя степени n равного		
	0,01	0,04	0,1
876 600 (100 лет)	1,15	1,73	3,93
350 640 (40 лет)	1,14	1,67	3,59

Б.1.2.1 Для материала с различной ориентацией волокон, в том числе, комбинированных с матом, коэффициент K_3 определяется по формуле Б.4.

Б.1.2.2 Рассчитываются деформации исследуемого материала в направлении действия долговременной нагрузки. В расчёте не принимаются слои, волокна которых не ориентированы по направлению долговременной нагрузки, и производится второй расчет деформаций от долговременной нагрузки.

Б.1.2.3 Определяется коэффициент увеличения деформаций как отношение деформаций, полученных из второго расчёта к первому.

Б.1.2.4 Обобщённый расчётный коэффициент надежности по ползучести равен произведению коэффициента увеличения деформаций на коэффициент ползучести, полученный по формуле Б.3.

Б.1.2.5 В том случае, если армирование волокном в направлении действия долговременной нагрузки различается по типу армирования, например, комбинацией однонаправленных слоёв, ткани или мата, то должно быть определено значение суммарного показателя степени n.

Б.1.2.6 Включение в работу каждого типа армирования определятся путем перемножения, соответствующего данному типу армирования показателя n, на толщину слоя и на процентное содержания волокон в этом слое с последующим делением полученного значения на произведение суммы толщин всех слоев, умноженных на процентное содержание в них волокон (только для ламелей с волокнами, ориентированных по направлению долговременной деформации). Двунаправленные и разнонаправленные ламинаты должны рассматриваться в качестве пакета однонаправленных слоёв с различной ориентацией волокон.

Б.2 Расчет на прочность и устойчивость

Б.2.1 Основное неравенство при расчете на прочность записывается в следующем виде:

$$\gamma_n * \sum(S_i * \gamma_{fi}) \leq \frac{R}{\gamma_m \gamma_c} \qquad (Б.5)$$

Б.2.1.1 Нормативные значения сопротивлений (деформаций) полимерного композита определяются по формуле:

$$R = \frac{R_н}{\gamma_m * \gamma_c} = \frac{R_m * (1-2v)}{\gamma_m * \gamma_c} \quad (Б.6)$$

где, $R_н$ – нормативное значение сопротивления;

R_m – среднее значение сопротивления;

v – фактический коэффициент вариации, определяемый по результатам испытаний не менее, чем 50 образцов.

Коэффициенты γ_m и γ_c определяются в соответствии с Б.1.1.

Б.2.2 Расчеты на устойчивость выполняются в соответствии с требованиями Приложения А. При проверке устойчивости элементов композитных конструкций, напряжения определяются от расчетных нагрузок. Определение критической нагрузки определяется с учетом введения к модулю упругости соответствующих коэффициентов надежности по Б.1.1.

Б.3 Расчет на выносливость

Расчеты на выносливость выполняются в соответствии с требованиями Приложения А.

Величины напряжений, используемые при определении расчетного количества циклов нагружения, определяются от действия нормативных нагрузок. Полученные, таким образом, напряжения должны удовлетворять условию по выносливости:

$$\sum(S_i) \leq \frac{R}{\gamma_m \gamma_c} \quad (Б.7)$$

Коэффициенты γ_m и γ_c определяются в соответствии с Б.1.1.

Расчетное количество циклов нагружения определяется в соответствии с Приложением В.

Б.4 Расчет по жесткости и вибрациям

Б.4.1 Расчеты на жесткость выполняются в соответствии с требованиями Приложения А.

Величины прогибов, определяемые при проверке жесткости, определяются от действия нормативных нагрузок.

При проверке жесткости коэффициент γ_c вводится к нормативному значению модуля упругости $E_н$. Нормативные значения модулей упругости определяются стандартными испытаниями образцов ламинатов.

Таким образом, расчетное значение модуля упругости определяется по формуле:

$$E = \frac{E_H}{\gamma_d \cdot \gamma_c} \quad (Б.8)$$

где: $\gamma_d = 1.1$ – коэффициент условий работы.

Коэффициент γ_cопределяется в соответствии с Б.1.1.

Полученные, таким образом, прогибы должны удовлетворять условию по жесткости:

$$V_{\text{ф}} \leq V_{\text{р}} \qquad \text{(Б.9)}$$

где: $V_{\text{н}}$ – расчетное значение прогиба от действия нормативных нагрузок с учетом жесткости (Б.8);

$V_{\text{ф}}$ – фактический прогиб от нормативных нагрузок.

Б.4.2 Расчет на вибрации

Динамические расчеты выполняются в соответствии с требованиями Приложения А. Расчетные значения амплитудно-частотных характеристик пролетного строения определяются для двух случаев: с нагрузкой от пешеходов и без нее.

Коэффициент γ_cвводится к модулю упругости при определении амплитуды и собственных частот колебаний в соответствии с Б.1.1.

В соответствии с п.6.21 СП 35.13330.2011 динамический коэффициент к вертикальным подвижным нагрузкам для пешеходных мостов принимается (1+μ)=1.

Б.5 Для оценки напряжений в каждом слое ламината, необходимо использовать следующий критерий:

$$\frac{\mathrm{R}_{i,j,S}}{R_{i,j,R}} \leq \frac{1}{\gamma_f \cdot \gamma_m \cdot \gamma_c} \qquad \text{(Б.10)}$$

где: $R_{i,j,S}$ – напряжение в рассматриваемом направлении от воздействия постоянных и временных нагрузок;

$R_{i,j,R}$ – максимально допустимое напряжение в рассматриваемом направлении.

Б.5.1 Для учета многоосности напряженно-деформированного состояния элементов конструкции из полимерных композитов следует использовать критерий максимальных напряжений.

Б.5.2 Критерий разрушения (по первому предельному состоянию), так называемый «последний слой», допускается использовать, если имеет место повреждение несущих конструкций.

При использовании критерия разрушения «последний слой» ранее разрушенные слои ламината не учитываются при оценке остаточной прочности ламината несущих конструкций.

Приложение В
(обязательное)

Формулы для расчета предельного количества циклов

В.1 Формулы для расчета предельного количества циклов

В.1.1 Нагрузка с постоянной амплитудой

При нагружении с постоянной амплитудой долговечность зависит от среднего уровня напряжений. Средний уровень напряжений характеризуется коэффициентом асимметрии цикла R, который определяется следующим образом:

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}, \qquad (В.1)$$

Где σ_{min} – минимальное напряжение, возникающее в течение цикла;

σ_{max} – максимальное напряжение, возникающее в течение цикла.

К чистому переменному напряжению на основе статистической прочности применяется следующая формула:

$$N_f = \left(\frac{\sigma_{amp} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_c}{\sigma_{Rk}} \right)^k, \qquad (В.2)$$

где σ_{amp} – амплитуда цикла нагружения разница между минимальным и максимальным напряжением, Н/мм^2;

σ_{Rk} – нормативная прочность на растяжение, Н/мм^2;

k – наклон кривой S-N, если она выражается в логарифмическом масштабе, рад.;

$\gamma_c = K_1 * K_3$ (п. Б.1.4) – поправочный коэффициент для расчета выносливости.

В.1.2 Влияние среднего уровня напряжений

- $\sigma_{mean} \geq 0$ (растягивающие напряжения): $N_f = \left[\frac{\sigma_{amp}}{\sigma_{t,Rd}\left(1 - \frac{\sigma_{mean}}{\sigma_{t,Rd}}\right)} \right]^k$, (В.3)

- $\sigma_{mean} < 0$ (сжимающие напряжения): $N_f = \left[\frac{\sigma_{amp}}{\sigma_{t,Rd}\left(1 - \frac{\sigma_{mean}}{\sigma_{c,Rd}}\right)} \right]^k$, (В.4)

где $\sigma_{t,Rd}$ – проектная прочность материала на растяжение ($\sigma_{t,Rk} / \gamma_m$), Н/мм^2;

$\sigma_{c,Rd}$ – проектная прочность материала на растяжение ($\sigma_{c,Rk} / \gamma_m$), Н/мм^2.

В.1.3 Нагрузка с переменной амплитудой

Оценка «усталостной выносливости» при нагрузке с переменной амплитудой должна выполняться по правилу Майнера:

$$D = \sum_{i}^{M} \frac{n_i}{N_i} \leq 1, \qquad \text{(В.5)}$$

где: n_i – количество циклов нагружения в течение определенного временного отрезка при определенном значении R;

N_i – предельное количество циклов при определенном значении R.

Приложение Г
(справочное)

Нормативные требования, предъявляемые к пешеходным мостам и путепроводам, действующие в Российской Федерации и необходимые для понимания текста стандарта

Г.1 Нормативные требования СП 35.13330-2011 Мосты и трубы (актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* Мосты и трубы)

Г.1.1 Общие указания

Мосты и трубы следует проектировать капитального типа.

При проектировании пешеходных мостов, а также при реконструкции и усилении мостов (кроме железнодорожных) допускается применять полимерно-композиционные материалы.

Г.1.2 Основные требования к конструкциям

Г.1.2.1 Конструктивные, архитектурные и объемно-планировочные решения мостовых сооружений и труб, применяемые материалы и изделия должны быть технологически целесообразными и исполнимыми при строительстве, текущем содержании в период эксплуатации, при ремонтах и реконструкции.

Г.1.2.2 При применении в конструкциях сооружений типовых элементов или стандартных деталей необходимо учитывать установленные для них допустимые отклонения формы и геометрических размеров согласно ГОСТ 26607.

Для нетиповых элементов и нестандартных изделий при соответствующем обосновании могут быть установлены свои значения допустимых отклонений.

Г.1.2.3 В проектной документации должны быть предусмотрены мероприятия по защите элементов и частей мостов и труб от повреждений при отсыпке насыпи и укреплении откосов, от засорения и загрязнения, вредных воздействий агрессивных сред, высоких температур, блуждающих токов и т.п.

Г.1.3 Габариты

Г.1.3.1 Ширину пешеходных мостов следует определять в зависимости от расчетной перспективной интенсивности движения пешеходов в час пик и принимать не менее 2,25 м (в городских условиях - 3,0 м).

Г.1.3.2 Высота пешеходных тоннелей и надземных закрытых переходов должна быть не менее 2,30 м в свету.

Г.1.3.3 Среднюю расчетную пропускную способность 1 м ширины следует принимать для пешеходных мостов - 2000 чел/ч, для лестниц - 1500 чел/ч.

Г.1.4 Расчет несущих конструкций и оснований мостов и труб

Г.1.4.1 Несущие конструкции и основания мостов и труб необходимо рассчитывать на действие постоянных нагрузок и неблагоприятных сочетаний временных нагрузок. Расчеты следует выполнять по предельным состояниям в соответствии с требованиями ГОСТ 54257.

В расчетах по предельным состояниям первой группы для сооружений повышенного уровня ответственности (ГОСТ 54257) следует учитывать коэффициент надежности по ответственности, равный 1,1.

Г.1.4.2 При одновременном учете действия на сооружение двух или более временных нагрузок расчетные значения этих нагрузок следует умножать на коэффициенты сочетаний, меньше или равные единице.

Г.1.4.3 За расчетную минимальную температуру следует принимать среднюю температуру наружного воздуха наиболее холодной пятидневки в районе строительства в соответствии с требованиями СНиП 23-01 с обеспеченностью:

0,98 - для стальных конструкций, стальных частей сталежелезобетонных конструкций и элементов из полимерно-композиционных материалов.

Г.1.5 Деформации, перемещения, продольный профиль конструкций

Г.1.5.1 Вертикальные упругие прогибы пролетных строений, вычисленные при действии подвижной временной вертикальной нагрузки (при $\gamma_f = 1$ и $1 + \mu = 1$), не должны превышать значений, м:

- для пешеходных мостов с балочными пролетными строениями – 1/400 *l*, где *l* - расчетная длина пролета, м.

Г.1.5.2 Пролетным строениям пешеходных мостов следует задавать строительный подъем, компенсирующий вертикальные деформации пролетного строения от постоянной нагрузки. Коэффициент надежности по нагрузке γ_f принимают при этом равным единице.

Г.1.5.3 В пролетных строениях пешеходных мостов расчетные периоды собственных колебаний (в незагруженном состоянии) по двум низшим формам (в балочных разрезных системах - по одной низшей форме) не должны быть от 0,45 до 0,60 с - в вертикальной и от 0,9 до 1,2 с - в горизонтальной плоскостях.

Для пролетных строений пешеходных мостов следует при этом учитывать возможность загружения их толпой, создающей нагрузку 0,50 кПа.

Г.1.6 Мостовое полотно автодорожных и городских мостов

Г.1.6.1 С внешней стороны пролетного строения тротуары и служебные проходы ограждают перилами высотой не менее 1,1 м.

Конструкция перил должна иметь заполнение, исключающее возможность падения пешеходов с мостового сооружения. Расстояния в свету между элементами заполнения не должны превышать 150 мм.

Г.1.6.2 На городских и пешеходных мостах должно предусматриваться стационарное электрическое освещение.

Г.1.7 Эксплуатационные обустройства

Г.1.7.1 На путепроводах и пешеходных мостах через пути электрифицированных железных дорог над контактной сетью следует предусматривать устройство ограждающих и предохранительных вертикальных щитов (сеток) высотой 2,0 м. Допускается применение с каждой стороны моста горизонтальных щитов (сеток) длиной не менее 1,5 м.

Г.1.7.2 При специальном технико-экономическом обосновании на автодорожных, городских и пешеходных мостах допускается прокладка в стальных трубах тепловых сетей, водопроводных линий, напорной канализации и газопроводов с рабочим давлением не более 0,6 МПа.

Г.1.8 Авторский надзор, научно-техническое сопровождение и мониторинг

Г.1.8.1 В целях обеспечения качества проектных и строительно-монтажных работ, а также повышения надежности, долговечности и безопасности мостовых сооружений следует предусматривать авторский надзор, научно-техническое сопровождение проектирования и строительства, а также мониторинг.

Г.1.8.2 В необходимых случаях в проектах с целью оценки фактической работы мостовых конструкций следует предусматривать мониторинг напряженно-деформированного состояния мостов, т.е. систему длительного контроля за их со-

стоянием и поведением в процессе строительства (реконструкции) и эксплуатации в соответствии с ГОСТ Р 22.1.12.

Г.1.9 Сочетания нагрузок

Для пешеходных мостов закрытого типа следует учитывать снеговую нагрузку согласно СП 20.13330.

Г.1.10 Временные нагрузки от подвижного состава и пешеходов

Г.1.10.1 Нормативную временную нагрузку для пешеходных мостов и тротуаров (служебных проходов) следует принимать в виде:

1) вертикальной равномерно распределенной нагрузки:

- на пешеходные мосты - 4,0 кПа;

2) равномерно распределенной нагрузки, учитываемой при отсутствии других нагрузок:

- вертикальной и горизонтальной - при расчете перил городских мостов - 1,0 кН/м;

3) сосредоточенных давлений, учитываемых при отсутствии других нагрузок:

- вертикального или горизонтального при расчете перил мостов - 1,27 кН.

Г.1.10.2 Динамические коэффициенты $1 + \mu$ к нагрузкам от подвижного состава железных, автомобильных и городских дорог следует принимать равными:

- к вертикальным подвижным нагрузкам для пешеходных мостов и к нагрузкам на тротуарах

$$1 + \mu = 1{,}00; \qquad (Г.1)$$

Г.1.10.3 Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f временным нагрузкам и воздействиям следует принимать равными:

- к распределенным нагрузкам для пешеходных мостов и тротуаров при расчете: элементов пешеходных мостов, а также перил городских мостов - 1,40; пролетного строения и опор при учете совместно с другими нагрузками - 1,20;

Г.1.11 Прочие временные нагрузки и воздействия

Г.1.11.1 Нормативное температурное климатическое воздействие следует учитывать при расчете перемещений в мостах всех систем при определении усилий во внешне статически неопределимых системах.

Среднюю по сечению нормативную температуру элементов или их частей допускается принимать равной:

- для полимерно-композиционных элементов в холодное время года - нормативной температуре наружного воздуха;

Температуру элементов со сложным поперечным сечением следует определять как средневзвешенную по температуре отдельных элементов (стенок, полок и др.).

Библиография

[1] СП 35.13330.2011	Мосты и трубы (актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*)
[2] СНиП 12-04-2002	Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство
[3] ВСН 37-84	Инструкция по организации движения и ограждению мест производства бетонных работ
[4] СНиП 21-01-97	Пожарная безопасность зданий и сооружений
[5] СНиП 2.09.03-85	Сооружения промышленных предприятий
[6]СНиП 23-02-2003	Тепловая защита зданий
[7] СНиП 3.06.07-86	Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний
[8]СП 20.13330.2011	Нагрузки и воздействия (актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85)
[9]СП 28.13330.2011	Защита строительных конструкций от коррозии (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85)
[11] ТУ 5366-052-6915009120-2008	Брус клееный из шпона
[12] ТУ 5512-053-6915009120-2008	Плита клееная из шпона

ОКС 83.120 **ОКП 22 9689**

Ключевые слова: пешеходные мосты, конструктивные элементы, несущие конструкции, полимерные композиты, вакуумная инфузия, ламинат, ламель, метод предельных состояний, метод конечных элементов, требования, контроль, испытания, безопасность

gost.e-ecolog.ru