

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ
«РОССИЙСКИЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ»
(ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ «АВТОДОР»)

Страстной б-р, д. 9, Москва, 127006
тел.: (495) 727-11-95, факс: (495) 249-07-72
e-mail: info@ruhw.ru
www.ruhw.ru

17.09.2024 № 21904-ТП

на № _____ от _____

Генеральному директору
ООО НПП «АпАТЭК»

А.Е. Ушакову

107078, г. Москва, ул. Новая Басманная, д. 14,
стр. 2

Уважаемый Андрей Евгеньевич!

Рассмотрев материалы, представленные письмом от 30.08.2024 № 404, продлеваем согласование стандартов организации ООО НПП «АпАТЭК» СТО 11567537.01-2008 «Конструкция пешеходных мостов из композиционных материалов, изготавливаемых методом пропитки под давлением. Технические требования, методы испытаний и контроля» и СТО 39790001.03-2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Пешеходные мосты и путепроводы. Конструкции дорожно-строительные из композиционных материалов. Технические требования, методы испытаний и контроля» для добровольного применения на объектах Государственной компании сроком на три года с даты настоящего согласования.

Ежегодно в наш адрес необходимо направить аналитический отчет:

- с результатами мониторинга и оценкой применения материалов в соответствии с требованиями согласованного стандарта на объектах Государственной компании и прочих объектах;
- по взаимодействию с ФАУ «РОСДОРНИИ» о включении продукции по СТО 11567537.01-2008 и СТО 39790001.03-2007 в Реестр новых и наилучших технологий, материалов и технологических решений повторного применения (в случае соответствия критериям включения).

Контактное лицо: заместитель директора Департамента проектирования, технической политики и инновационных технологий Ильин Сергей Владимирович, тел. (495) 727-11-95, доб. 33-07, e-mail: S.Iliyn@russianhighways.ru.

Заместитель председателя правления
по технической политике



В.А. Ермилов

БТД
НПП АПАТЭК
2008 ИНВ.№ 425 СТ

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Утверждаю
Генеральный директор
НПП «АПАТЭК»
А. Е. Ушаков
«05» 06 2008 г.

**Конструкция пешеходных мостов из композиционных материалов,
изготавливаемых методом пропитки под давлением
Технические требования, методы испытаний и контроля**

СТО 11567537.01-2008

Издание официальное

Москва 2008

Предисловие

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Научно-производственным предприятием «Прикладные перспективные технологии - АпАТЭК» (доктор техн. наук, профессор Ушаков А. Е.)

2 ВНЕСЕН Научно-техническим советом Научно-производственного предприятия «Прикладные перспективные технологии - АпАТЭК»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ распоряжением Генерального директора Научно-производственного предприятия «Прикладные перспективные технологии - АпАТЭК» от 03.06.2008 г. № 12/2

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 СОГЛАСОВАН

Филиал ОАО ЦНИИС НИЦ «Мосты»

ГУП «Гормост»

ОАО Союздорпроект

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без письменного разрешения ООО НПП «АпАТЭК».

Лист согласования

СОГЛАСОВАНО

Директор Филиала ОАО
ЦНИИС НИЦ «Мосты»

Генеральный директор
ГУП «Гормост»

Генеральный директор
ОАО Союздорпроект



Платонов А. С.

Екимов В. К.

Телегин В. М.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Конструкция пешеходных мостов из композиционных материалов, изготавливаемых методом пропитки под давлением Технические требования, методы испытаний и контроля

Дата введения 03.06.2008

1. Область применения

Настоящий стандарт устанавливает технические требования, параметры и характеристики к несущим конструкциям пешеходных мостов и путепроводов (временные и постоянные сооружения) из композиционных материалов (КМ), изготавливаемых по технологии пропитки под давлением, требования к методам испытаний, контроля и эксплуатации стеклопластиковых конструкций.

(Измененная редакция, Изм. №1)

Требования настоящего стандарта предназначены для разработчиков проектной документации, изготовителей конструкций, строительных организаций, органов управления (Заказчика), осуществляющих контроль и приёмку работ, организаций, проводящих испытания, мониторинг и эксплуатацию пешеходных мостов и путепроводов - далее мостовых сооружений - с применением конструкций из КМ, которые соответствуют требованиям [1], [2], [4].

(Измененная редакция, Изм. №1)

2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

СТ СЭВ 876-78 "Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров нормального и логарифмически нормального распределения. Случай полностью определенных выборок" (ИУС 4-87).

ГОСТ 12.1.005-88* ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.4.028-76* ССБТ. Респираторы ШБ-1 «Лепесток». Технические условия

ГОСТ 12.4.029-76* ССБТ. Фартуки специальные. Технические условия

ГОСТ 1706-78* Кислота муравьиная техническая. Технические условия

ГОСТ 2246-70* Проволока стальная сварочная. Технические условия

ГОСТ 4648-2014 (ISO 604:2002) Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб

ГОСТ 4650-80 (ISO 62:2008)* Пластмассы. Метод определения водопоглощения

ГОСТ 4651-2014 * Пластмассы. Метод испытания на сжатие

ГОСТ 5007-2014 Изделия трикотажные перчаточные. Общие технические условия

ГОСТ 5582-75* Прокат тонколистовой коррозионно-стойкий, жаростойкий и жаропрочный. Технические условия

ГОСТ 5632-2014* Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки

ГОСТ 5945-2018 Металлопродукция из сталей нержавеющей и сплавов на железноникелевой основе коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных. Технические условия

ГОСТ 7350-77* Сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические требования

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

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

ГОСТ 10708-82* Копры маятниковые. Технические условия

ГОСТ 11262-80* Пластмассы. Метод испытания на растяжение

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

ГОСТ 14359-69* Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования

ГОСТ 15102-75* Контейнер универсальный металлический закрытый номинальной массой брутто 5,0 т. Технические условия

ГОСТ 18617-83* Ящики деревянные для металлических изделий. Технические условия

ГОСТ 19903-2015* Прокат листовой горячекатаный. Сортамент

ГОСТ 19904-90 Прокат листовой холоднокатаный. Сортамент

ГОСТ 20010-93 Перчатки резиновые технические. Технические условия

ГОСТ 20435-75* Контейнер универсальный металлический закрытый номинальной массой брутто 3,0 т. Технические условия

ГОСТ 23932-90 Посуда и оборудование лабораторная стеклянная. Общие технические условия

ГОСТ Р 58939-2020 Национальный стандарт Российской Федерации система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления

ГОСТ 26877-2008Metalloпродукция. Методы измерения отклонений формы

ГОСТ 24297-2013 Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля

ГОСТ Р 54257-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

ГОСТ 28498-90 Термометры жидкостные стеклянные. Общие технические требования. Методы испытаний

ГОСТ 22034-76 Шпильки с ввинчиваемым концом длиной 1,25d. Класс точности В. Конструкция и размеры

ГОСТ 22035-76 Шпильки с ввинчиваемым концом длиной 1,25d. Класс точности А. Конструкция и размеры

ГОСТ 22038-76 Шпильки с ввинчиваемым концом длиной 2d. Класс точности В. Конструкция и размеры

ГОСТ 11738-84 Винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ класса точности А. Конструкция и размеры

ГОСТ 1491-80 Винты с цилиндрической головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры

ГОСТ 17474-80 Винты с полупотайной головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры

ГОСТ 17473-80 Винты с полукруглой головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры

ГОСТ 577-68 Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия

ГОСТ Р 52627-2006 (ИСО 898-1:1999) Болты, винты и шпильки. Механические свойства и методы испытаний

ГОСТ 30244-94 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.

ГОСТ 30247.0-94 (ИСО 834–75) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования

ГОСТ 30402– 96 Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость

ГОСТ 33119-2014 Конструкции полимерные композитные для пешеходных мостов и путепроводов .Технические условия.

ГОСТ 33344-2015 Профили пултрузионные конструкционные из полимерных композитов.

ГОСТ 54928-2012 «Пешеходные мосты и путепроводы из полимерных композитов. Технические условия»

Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

СП 35.13330.2011 * Мосты и трубы. Актуализированная редакция
СНиП 2.05.03-84

Федеральный закон от 31.07.2018 № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

(Изменённая редакция, Изм. № 1,3).

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов по указателю «Национальные стандарты», составленному на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (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

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 анизотропный: Не изотропный; свойства материала зависят от направления измерения.

3.2 армирующий материал (наполнитель): Одно- или многомерное армирование, при котором один, два или несколько слоев непрерывных пучков стекловолокна в различных направлениях наложены друг на друга и соединены между собой.

3.3 вакуумная инъекция, вакуумная инфузия (пропитка) или VA-RTM): Способ производства стеклопластиков, при котором связующее с помощью вакуума (пониженного давления) подается в полость формы, заполненную армирующим наполнителем. При данной технологии используется закрытая форма с жесткой и эластичной поверхностями, либо несколько форма из нескольких жестких частей.

3.4 винил-эфирная смола: Ненасыщенный винилэфир на основе эпоксидных смол, растворенный в стироле.

3.5 выборка: Единицы продукции (наблюдаемые значения), отобранные из контролируемой партии или потока продукции для контроля и принятия решения о соответствии установленным требованиям.

3.6 единица продукции: Отдельный экземпляр штучной продукции или определенное в установленном порядке количество нештучной или штучной продукции.

Примечание – Продукция может быть завершенной или незавершенной, находящейся в процессе изготовления, ремонта, эксплуатации, транспортирования, хранения.

3.7 Е-стекло (стекловолокно, волокно): Волокна из безщелочного алюмоборосиликатного стекла.

3.8 изделие: Единица промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках и/или экземплярах.

3.9 изотропный: Имеющий одинаковые свойства по всем направлениям.

3.10 классическая теория слоистых пластиков: Механическая модель, рассчитывающая свойства слоистых пластиков исходя из порядка укладки, ориентации и толщины армирования, а также ортотропных свойств материала, из которого изготовлен слоистый пластик, при условии, что армирующие слои не скользят друг относительно друга.

3.11 квази-изотропный: Материал, обладающий одинаковыми свойствами по различным направлениям, что достигается хаотическим армированием или наложением одинаковых слоев в различных направлениях, например, под углами: 0° , 45° , минус 45° , 90° .

3.12 ламинат, панель: Плоская пластина, изготовленная из слоистого пластика.

3.13 мат из непрерывного стекловолокна: Волокнистый нетканый материал, используемый для армирования, состоящий из непрерывных хаотически расположенных стеклянных нитей, скрепленных небольшим количеством полимерной эмульсионной или порошковой связки (до 7%).

3.14 мат из рубленого стекловолокна: Волокнистый нетканый материал, используемый для армирования, состоящий из хаотически ориентированных в плоскости штапельных стекловолокон (длиной от 30 до

100 мм), скрепленных небольшим количеством полимерной эмульсионной или порошковой связки (до 7%).

3.15 мост: Наиболее распространенное и обобщенное понятие мостового сооружения.

3.16 мостовое сооружение: Искусственное сооружение над препятствиями для пропуска транспорта и пешеходов, а также водотоков, селей, скота, коммуникаций различного назначения - порознь или в различных комбинациях.

3.17 объем партии: Число единиц продукции, составляющих партию.

3.18 объёмное содержание армирующего материала V_f (наполнителя): Отношение (обычно в процентах) объёма, занимаемого наполнителем, к общему объёму материала.

3.19 ортотропный: В материале присутствуют две перпендикулярные оси симметрии.

3.20 полиэфирная смола: Термореактивная система смол на основе ненасыщенного полиэфира растворенного в стироле. Здесь выделяются орто-, изо- и изо-NPG-полиэфирные смолы в зависимости от молекулярной структуры полиэфира.

3.21 препрег: Армирующий наполнитель, предварительно совмещённый (пропитанный) со связующим.

3.22 продукция партии контролируемая: Совокупность единиц продукции одного наименования, типономинала или типоразмера и исполнения, произведенная в течение определенного интервала времени в одних и тех же условиях из одних и тех же материалов и одновременно представленная для контроля.

3.23 пропитка: Совмещение жидкого связующего с волокнистыми армирующими наполнителями в процессе получения слоёного пластика.

3.24 пропитка под давлением (RTM): Способ производства стеклопластика, при котором жидкое связующее под высоким давлением

подается в закрытую форму с двумя жесткими сторонами, в которой находится армирующий наполнитель.

3.25 ровинг: Жгут, пучок параллельных непрерывных некрученных стеклянных волокон.

3.26 ручная выкладка: Способ производства стеклопластика, при котором смола наносится слоями вместе с разматыванием армирующего стекловолокна. При этом используется жесткая открытая форма.

3.27 связующее (матрица): Полимерная система, состоящая из реакционноспособной смолы, отверждающего агента (отвердителя), также в состав связующего в зависимости от рецептуры могут входить различные инертные наполнители (мел, аэросил), светостабилизаторы, антипирены. Инертные наполнители допустимо вносить только в случае, если они не оказывают негативного влияния на механические свойства материала, состоящего только из E-стекловолокна и терморепактивного связующего. Примерами инертного наполнителя являются:

- добавки: стабилизаторы влияния ультрафиолетового излучения и озона, а также замедлители горения;
- наполнители: мел (CaCO_3), оксид кремния (SiO_2) и гранулы из стекла и пластика, а также другие типы волокон: термопластичные полиэфирные, полиамидные или хлопковые.

3.28 слой (монослой): Элементарный слой стеклопластика, состоящий из одного типа армирующего материала. В настоящем документе различаются три типами слоев: однонаправленные непрерывные слои, тканевые слои и маты.

3.29 слоистый пластик (композиционный материал, композит, КМ): Состоит из слоев стекловолокна, при этом слои могут иметь различную ориентацию волокон и толщину.

3.30 смола терморепактивная: Смесь органических реакционноспособных олигомеров, при полимеризации (отверждении) которых образуется неплавкий и нерастворимый синтетический полимер.

3.31 стекловолокно: Одиночное волокно, получаемое при вытягивании расплавленного стекла. Непрерывная нить – стекловолоконно большой или бесконечной длины. Штапельное волокно – стекловолоконно, рубленое на отрезки мерной длины (обычно менее 400 мм) и используемое для получения пряжи, матов и пр.

3.32 стеклоткань: Двухнаправленная система стекловолокон состоящая из взаимно перпендикулярных основы и утка, соединенных между собой переплетением различного типа (полотно, саржа, сатин).

3.33 строительный подъем: Выгиб пролетного строения или его конструктивных элементов (главных и продольных балок) по форме, противоположный прогибу от постоянной и определенной части временной;

3.34 температура стеклования (T_g): Температура фазового перехода отвержденного связующего (матрицы) из вязкоупругого в высоко эластичное состояние, связанная с изменением интенсивности теплового движения фрагментов полимерной цепи.

3.35 фенольная смола: Реакционноспособный продукт поликонденсации фенола и формальдегида.

3.36 эпоксидная смола: Растворимый и плавкий реакционноспособный продукт на основе эпихлоргидрина и дифенилолпропана.

(Изменённая редакция, Изм. № 1).

4. Технические требования

4.1 Для конструкций моста и сходов - пролетных строений, подземных и надземных частей опор, перил, настила, лестничных маршей и ограждающих конструкций - в качестве основного материала следует применять терморезистивные слоистые стеклопластики заводского изготовления марки АпАТэК-СТИНК, соответствующие требованиям настоящего стандарта, [1] и п.5.1.1.2 ГОСТ Р 54928-2012.

(Изменённая редакция, Изм. № 3).

4.2 Расчетные сроки службы конструктивных элементов, используемых при температурах воздуха от минус 45°С до 60°С и расчетной сейсмичностью 6 баллов включительно, должны быть не менее:

- несущие конструкции пролетных строений – 100 лет;

- пешеходный настил – 100 лет;
- перильные ограждения – 50лет.

4.3 Требования к материалу

- 4.3.1 Стеклопластик АпАТЭК-СТИНК состоит из двух или более компонентов: армирующего наполнителя и совместимого с ним полимерного отвержденного связующего (матрицы). Армирующие наполнители различных типов изготавливают из Е-стекла.

4.3.2 Слоистые стеклопластики должны иметь минимальное объёмное содержание стекловолокна не менее 20%, при этом в каждом направлении (0° , 45° , 90° и минус 45°) слоистого стеклопластика содержание волокон должно быть не ниже 15% от общего их содержания. В том случае, если 15% содержания не гарантировано, не допускается общее определение предельной нагрузки по всем направлениям материала по 4.4.7 и требуется определение (расчётное или экспериментальное) предельной нагрузки по каждому направлению отдельно. Требование минимального содержания стеклонеполнителя в каждом направлении позволяет установить общее предельное расчетное значение для каждого направления слоистого пластика. Маты различных типов могут использоваться исключительно в комбинации с прочими типами армирования, такими как однонаправленные ровинги и ткани.

4.3.3 В качестве терморепактивного связующего допустимо использование только: полиэфирных смол; винил-эфирных смол; эпоксидных смол; фенольных смол.

4.3.4 В качестве армирующих наполнителей из стекловолокна допустимо использовать:

- мат рубленый с длиной волокон не менее 50 мм;
- мат из непрерывных волокон;
- одно- и многонаправленные ткани (нитепрошивные полотна и ткани);

- однонаправленные материалы (однонаправленные ровинги, ленты, полотна).

4.3.5 При производстве стеклопластиковых материалов допускается использовать только следующие технологии:

- ручная выкладка;
- вакуумная инфузия или пропитка под давлением (VARTM, RTM или их модификации).

4.3.6 В зависимости от типа наполнителей монослои различаются на:

- Однонаправленные. В однонаправленных монослоях волокна ориентированы только в одном направлении. Свойства материала сильно различаются в направлениях вдоль и поперек волокон. Процентная доля волокон в однонаправленных монослоях в зависимости от типа армирования и технологии изготовления может варьироваться в пределах от 40% до 70%.
- Перекрёстноармированные полотна и ткани. В тканевых монослоях волокна расположены в двух взаимно перпендикулярных направлениях или под углами к основному направлению. Свойства материала в направлениях, отличных от этих двух, могут сильно различаться. Процентная доля волокон в тканевых монослоях в зависимости от типа ткани и технологии изготовления может варьироваться в пределах от 25% до 55%. Нитепрошивные полотна должны рассматриваться как комбинация монослоев.
- Изотропные маты. В монослоях из мата волокна пересекаются во всех направлениях. Свойств материала во всех направлениях приблизительно одинаковы. Процентная доля волокон в таких монослоях в зависимости от типа мата и технологии изготовления может варьироваться в пределах от 10% до 30%.

4.3.7 Материалы, используемые для изготовления продукции, должны соответствовать требованиям нормативных и (или) технических документов

на них. Качество используемых материалов изделий должно быть подтверждено соответствующими документами о качестве.

(Изменённая редакция, Изм. № 1).

4.3.8 Значения характеристик пожарной опасности используемых композиционных материалов в соответствии с п.6.2 ГОСТ Р 54928—2012 должны быть не хуже:

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.

(Изменённая редакция, Изм. № 3).

4.4 Требования к элементам конструкций

4.4.1 Прочность материала конструкции изготовленной из стеклопластика должна удовлетворять соотношению:

$$S \leq R_S,$$

где: S – напряжения (деформации) в элементах конструкции, возникающие от воздействия расчётного нагружения;

R_S – расчетное(ое) сопротивление (деформация) материала.

Расчёт S проводить с использованием нормативных значений модулей упругости материалов. Нормативное значение модуля упругости принимать равным теоретическому по 4.4.6 или экспериментальному по 4.4.10 значению. При наличии теоретического или экспериментального значений принимать наименьшее значение.

4.4.2 Расчетные сопротивления (деформации) материала определять по формуле:

$$R_S = \frac{R}{\gamma_m \cdot \gamma_c},$$

где: R – нормативное значение сопротивления (предельной деформации) материала. При расчёте по напряжениям принимать равным теоретическому $R_{рас}$ по 4.4.7 или экспериментальному $R_{экс}$ по 4.4.9 значению.

При наличии $R_{рас}$ и $R_{экс}$ принимать наименьшее значение. Расчёт по деформациям проводить по значению $R=0,012$.

4.4.3 Коэффициент надёжности по разбросу определять по формуле

$$\gamma_m = \gamma_{m,1} \cdot \gamma_{m,2},$$

где: $\gamma_{m,1}$ – коэффициент надёжности на разброс свойств материала. Для слоистых стеклопластиков принимать равным 1,35;

$\gamma_{m,2}$ – коэффициент надёжности на разброс для учёта масштабного фактора и способа производства. Принимается в соответствии с таблицей 4.1.

Таблица 4.1 – Коэффициенты надёжности по разбросу $\gamma_{m,2}$, зависящие от способа производства

| Способ производства | Коэффициент надёжности на разброс $\gamma_{m,2}$ | |
|---|--|--------------------|
| | При условии термообработки | Без термообработки |
| Ручная выкладка | 1,4 | 1,7 |
| Вакуумная инфузия или пропитка под давлением (VARTM, RTM и др.) | 1,2 | 1,4 |

При расчетах по предельным состояниям второй группы принимать $\gamma_{m,1} = 1,0$

(Измененная редакция, Изм. №2)

4.4.4 Коэффициент надёжности по материалу γ_c принимается равным:

$$\gamma_c = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4,$$

где:

K_1 – коэффициент, учитывающий влияние увлажнения на механические характеристики стеклопластика. Принимать в зависимости от относительной влажности воздуха наиболее жаркого месяца в районе строительства [2]. При относительной влажности воздуха

до 40%: 1,0

от 40% до 60%: 1,1

более 60% или наличии грунтовых

вод, морской воды: 1,3

K_2 – коэффициент, учитывающий влияние старения. Принимать равным 1,1;

K_3 – коэффициент, учитывающий влияние повышенной температуры.

Принимать равным 1,1;

K_4 – коэффициент, учитывающий влияние ползучести.

Допускается принимать значения коэффициентов K_1 , K_2 , K_3 отличные от указанных, при условии, что они получены путем испытаний на сопоставимых материалах. Под сопоставимыми материалами понимаются слоистые пластики, изготовленные с использованием одного и того же технологического процесс, на основе одного типа смолы, типа армирующего волокна и аппрета или замасливателя на его поверхности.

Если экспериментальное определение коэффициента K_2 выполнено с учетом термовлажностного воздействия коэффициенты K_1 и K_3 принимать равными 1,0.

(Измененная редакция, Изм. №2)

4.4.5 Коэффициент K_4 , учитывающий влияние ползучести, следует применять для долговременных нагрузок на конструкцию из стеклопластика и рассчитывать следующим образом:

$$K_4 = t^n,$$

где: t – продолжительность нагрузки в часах. Для 100 лет эксплуатации $t_{100} = 876\,600$ ч, для 40 лет – $t_{40} = 350\,640$ ч;

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.

Для материала с различной ориентацией волокон, в том числе, комбинированных с матом, коэффициент определяется следующим образом:

- рассчитываются деформации исследуемого материала в направлении действия долговременной нагрузки;
- удаляются слои, волокна которых не ориентированы по направлению долговременной нагрузки, или считается их прочность равной нулю и снова рассчитывается деформация от долговременной нагрузки;

- определяется коэффициент увеличения деформаций как отношение второго значения деформации к первому;
- итоговый коэффициент надежности равен произведению коэффициента увеличения деформаций на коэффициент ползучести.

В том случае, если армирование стекловолокном в направлении долговременной нагрузки различается по типу, например, комбинация однонаправленных слоёв, ткани или мата, должно быть определено значение суммарного показателя степени n . Вклад каждого типа армирования определяют путем перемножения соответствующей данному типу величины n на толщину слоя и на процентное содержание волокон в этом слое и деления на сумму толщин всех слоев, умноженную на процентное содержание волокон в них (только для монослоёв с волокнами, ориентированными по направлению долговременной деформации). Дву- и разнонаправленные пакеты должны рассматриваться в качестве пакета однонаправленных слоёв с различной ориентацией волокон.

4.4.6 Теоретическое значение модуля упругости материала по 4.4.1, состоящего из трех типов монослоев, упомянутых в 4.3.6, определять в соответствии с классической теорией слоистых пластиков с использованием нормативных модулей упругости монослоёв из таблиц 4.2, 4.3 и 4.4 или полученных экспериментально с учётом содержания и ориентации компонентов различных монослоев, входящих в состав слоистого пластика. Теоретические основы расчета изложены, например, в работах [3] и [4], а основные зависимости приведены в Приложении А, кроме того в большинстве основных комплексов расчёта МКЭ (NASTAN, ANSYS и др) заложены возможности расчёта характеристик слоистых пластиков.

Использование значений модулей упругости монослоёв из таблиц 4.2, 4.3 и 4.4 допустимо только в том случае, если на предприятии действует сертифицированная система менеджмента качества. При этом необходимо экспериментально подтвердить, что свойство произведенного монослоя или слоистого пластика как минимум превышает значение, полученное расчётом.

4.4.7 Вычисление теоретического значения сопротивления материала $R_{рас}$ по 4.4.2 в произвольном направлении проводить по формуле:

$$\sigma = \varepsilon_c E',$$

где: E' – нормативный модуль упругости в рассматриваемом направлении, по 4.4.1, $\varepsilon_c = 0,012$.

4.4.8 В отношении трех упомянутых в 4.3.6 типов монослоев в таблицах 4.2, 4.3 и 4.4 приведены значения для нормативных модулей упругости по главным осям упругости материала E_1 и E_2 , модуля сдвига G_{12} в плоскости, параллельной волокнам, и наибольшим коэффициентом Пуассона ν_{12} . Значения, приведенные в таблицах, верны для кратковременной статической нагрузки при комнатной температуре и нулевой влажности образцов. Значения, указанные в таблицах 4.2, 4.3 и 4.4, должны, за исключением ν_{12} , умножаться на указанный в таблице понижающий коэффициент. Промежуточные значения можно получать путем линейной интерполяции.

Таблица 4.2 – Значения нормативных модулей упругости для однонаправленных монослоев

| V_f | E_1 [ГПа] | E_2 [ГПа] | G_{12} [ГПа] | ν_{12} |
|---|-------------|-------------|----------------|------------|
| 40% | 30,8 | 8,9 | 2,8 | 0,30 |
| 45% | 34,3 | 10,0 | 3,1 | 0,29 |
| 50% | 37,7 | 11,3 | 3,5 | 0,29 |
| 55% | 41,1 | 12,8 | 3,9 | 0,28 |
| 60% | 44,6 | 14,6 | 4,5 | 0,27 |
| 65% | 48,0 | 16,7 | 5,1 | 0,27 |
| 70% | 51,4 | 19,3 | 6,0 | 0,26 |
| Понижающий коэффициент для однонаправленных монослоев (кроме ν_{12}): 0,97 | | | | |

Таблица 4.3 – Значения нормативных модулей упругости для перекрёстноармированных монослоев (содержание армирующего наполнителя одинаково в направлениях 0/90°)

| V_f | E_1 [ГПа] | E_2 [ГПа] | G_{12} [ГПа] | ν_{12} |
|-------|-------------|-------------|----------------|------------|
| 25% | 13,4 | 13,4 | 2,1 | 0,21 |
| 30% | 15,5 | 15,5 | 2,3 | 0,20 |

| V_f | E_1 [ГПа] | E_2 [ГПа] | G_{12} [ГПа] | ν_{12} |
|---|-------------|-------------|----------------|------------|
| 35% | 17,6 | 17,6 | 2,5 | 0,20 |
| 40% | 19,8 | 19,8 | 2,8 | 0,19 |
| 45% | 22,1 | 22,1 | 3,1 | 0,19 |
| 50% | 24,5 | 24,5 | 3,5 | 0,19 |
| 55% | 27,0 | 27,0 | 3,9 | 0,18 |
| Понижающий коэффициент для перекрёстноармированных монослоев (кроме ν_{12}): 0,93 | | | | |

Другой способ определения свойств тканого монослоя или нетканого нитепрошивного монослоя – описать его как симметричный 0/90° слоистый пластик, состоящий из однонаправленных монослоёв, и рассчитать свойства согласно классической теории слоистых пластиков с учетом понижающего коэффициента.

Таблица 4.4 – Значения нормативных модулей упругости для монослоев из матов

| V_f | E_1 [ГПа] | E_2 [ГПа] | G_{12} [ГПа] | ν_{12} |
|--|-------------|-------------|----------------|------------|
| 10% | 6,2 | 6,2 | 2,3 | 0,33 |
| 12,5% | 6,9 | 6,9 | 2,6 | 0,33 |
| 15% | 7,6 | 7,6 | 2,9 | 0,33 |
| 17,5 % | 8,3 | 8,3 | 3,1 | 0,33 |
| 20% | 9,1 | 9,1 | 3,4 | 0,33 |
| 25% | 10,6 | 10,6 | 4,0 | 0,33 |
| 30% | 12,2 | 12,2 | 4,6 | 0,33 |
| Понижающий коэффициент для монослоев из матов (кроме ν_{12}): 0,91 | | | | |

4.4.9 Экспериментальное значение сопротивления материала $R_{экс}$ по 4.4.2 определять с обеспеченностью 0.98 по зависимости:

$$\sigma = R_m - 2s,$$

где: R_m и s – среднее значение и стандартное отклонение прочности по СТ СЭВ 876-78 при выборочной проверке. Размер выборки должен быть не менее 10 образцов. (Измененная редакция, Изм. №1)

4.4.10В качестве экспериментального значения модуля упругости материала по 4.4.1 принимать среднее значение выборочной проверки, при этом число образцов должно быть не менее 10.

4.4.11Вычисленные или определённые экспериментально для каждой использованной в проекте укладки материала нормативные значения модулей упругости по 4.4.1 и расчётных сопротивлений по 4.4.2 вносятся в проектную документацию совместно с основными параметрами материала:

- толщина слоя;
- объёмное содержание слоя;
- тип слоя;
- угол ориентации слоя;
- общее количество слоёв;
- расположение слоёв по толщине.

4.4.12 При определении значения нормативного сопротивления межслоевому сдвигу и разрыву можно в зависимости от типа используемого связующего придерживаться указанных в таблице 4.5 значений. Более высокие значения могут использоваться только в том случае, если это подтверждено экспериментально.

Таблица 4.5 – Нормативные значения сопротивления межслоевому сдвигу и разрыву

| Тип смолы | Межслоевая прочность на разрыв (МПа) | Межслоевая прочность на сдвиг (МПа) |
|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Полиэфирная смола | 10,0 | 20,0 |
| Винилэфирная смола | 12,5 | 25,0 |
| Эпоксидная смола | 15,0 | 30,0 |

4.4.13 Допускается применение в составе конструкций из стеклопластика:

- несущих элементов, не подвергаемых последующей сварке, из нержавеющей сталей марок 04X18H9, 04X18H10, 08X18H9, 08X18H10,

- 12X18H9, 12X18H10, 03X18H11 по ГОСТ 5582, ГОСТ 7350, сортамент по ГОСТ 19903, ГОСТ 19904, AISI 304 - аналог стали марки 08X18H10;
- несущих элементов из нержавеющей стали, подвергаемых сварке, марок 04X18H9T, 04X18H10T, 08X18H9T, 08X18H10T, 12X18H9T, 12X18H10T по ГОСТ 5582, ГОСТ 7350, сортамент по ГОСТ 19903, ГОСТ 19904 с использованием способов сварки РДС (ручная дуговая сварка) и АрДС (аргодуговая сварка).

Для деталей и узлов, подвергаемых сварке способом АрДС, следует применять в качестве присадочного материала проволоку из стали той же марки; допускается применение для указанных марок сталей присадочной проволоки 06X19H9T или 12X18H9T по ГОСТ 2246.

Для способа сварки РДС следует применять электроды ЦД-11, ЦТ – 15, НИАТ-1 (Св-04X19H9);

- болтов, гаек и шайб из стали марок 08X18H9, 12X18H10T, 12X18H9, 12X18H9T, 12X18H10, 08X18H10T, 03X18H11 по ГОСТ 5632, шпильки по ГОСТ 22034, ГОСТ 22035, ГОСТ 22038, винты по ГОСТ 11738, ГОСТ 1491, ГОСТ 17474, ГОСТ 17473, (с внутренним шестигранником, прямым шлицом, полупотайной головкой, полукруглой головкой). Для высокопрочных болтов и гаек следует применять коррозионно-стойкие стали марок 14X17H2 или 07X16H6 по ГОСТ 5949;
- сварных узлов (кронштейнов) и труб для установки в стойках перильных ограждений из стали марок Ст.3 и Ст.20 по ГОСТ 7350, сортамент по ГОСТ 19903, ГОСТ 19904.

4.5 Коэффициент линейного расширения

4.5.1 В данном разделе приводятся значения коэффициентов линейного температурного расширения (КЛТР) для описанных в 4.3.6 типов монослоёв и их комбинаций.

4.5.2 Коэффициенты линейного температурного расширения (α_1 и α_2 в плоскости монослоя и α_3 перпендикулярно плоскости) стеклопластикового

материала зависят от ориентации волокон (параллельно или перпендикулярно волокнам), процентного содержания волокон и линейного коэффициента температурного расширения смолы. Линейный коэффициент температурного расширения E-стекловолокна составляет $5,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в любом направлении.

4.5.3 Коэффициенты линейного температурного расширения применяемых смол (α_m): полиэфирных, винил-эфирных и эпоксидных варьируются от $50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ до $120 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Поэтому ниже приведены КЛТР для этих граничных значений. Для определения промежуточных значений коэффициента температурного расширения монослоя следует использовать линейную интерполяцию.

4.5.4 Нормативные значения коэффициентов температурного расширения α_1 и α_2 в плоскости однонаправленного монослоя приведены в таблице 4.6. Для линейного коэффициента температурного расширения α_3 в направлении, перпендикулярном поверхности однонаправленного монослоя, нормативное значение равно α_2 .

Таблица 4.6 – Нормативные значения коэффициентов температурного расширения однонаправленных монослоёв, армированных E-волокном, в плоскости слоя

| V_f | $\alpha_m = 50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ | | $\alpha_m = 120 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ | |
|-------|--|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| | $\alpha_1 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ | $\alpha_2 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ | $\alpha_1 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ | $\alpha_2 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ |
| 40% | 8,2 | 27,7 | 13,0 | 62,1 |
| 45% | 7,7 | 25,4 | 11,6 | 56,3 |
| 50% | 7,2 | 23,2 | 10,5 | 50,8 |
| 55% | 6,9 | 21,1 | 9,6 | 45,5 |
| 60% | 6,6 | 19,1 | 8,8 | 40,4 |
| 65% | 6,3 | 17,1 | 8,1 | 35,5 |
| 70% | 6,1 | 15,2 | 7,5 | 30,7 |

4.5.5 Нормативные значения коэффициентов температурного расширения α_1 и α_2 тканых монослоев приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Нормативные значения коэффициентов температурного расширения перекрёстноармированных тканевых монослоев, армированных Е-волокном, в плоскости слоя

| V_f | $\alpha_m = 50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ | | $\alpha_m = 120 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ | |
|-------|--|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| | $\alpha_1 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ | $\alpha_2 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ | $\alpha_1 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ | $\alpha_2 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ |
| 25% | 17,9 | 17,9 | 37,2 | 37,2 |
| 30% | 16,1 | 16,1 | 32,7 | 32,7 |
| 35% | 14,7 | 14,7 | 29,1 | 29,1 |
| 40% | 13,6 | 13,6 | 26,2 | 26,2 |
| 45% | 12,6 | 12,6 | 23,6 | 23,6 |
| 50% | 11,7 | 11,7 | 21,6 | 21,6 |
| 55% | 11,0 | 11,0 | 19,6 | 19,6 |

4.5.6 Для линейного коэффициента температурного расширения α_3 в направлении, перпендикулярном поверхности тканевого монослоя, нормативное значение указано в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Нормативные значения коэффициента температурного расширения α_3 перекрёстноармированных тканевых монослоев, армированных Е-волокном

| V_f | $\alpha_m = 50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ | $\alpha_m = 120 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ |
|-------|--|---|
| | $\alpha_3 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ | $\alpha_3 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ |
| 25% | 35,7 | 82,3 |
| 30% | 33,0 | 75,4 |
| 35% | 30,4 | 68,9 |
| 40% | 28,0 | 62,8 |
| 45% | 25,7 | 56,9 |
| 50% | 23,4 | 51,3 |
| 55% | 21,3 | 46,0 |

4.5.7 Нормативные значения коэффициентов температурного расширения α_1 и α_2 монослоев из матов приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Нормативные значения коэффициентов температурного расширения монослоев из матов, армированных Е-волокном, в плоскости слоя

| V_f | $\alpha_m = 50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ | | $\alpha_m = 120 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ | |
|-------|--|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| | $\alpha_1 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ | $\alpha_2 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ | $\alpha_1 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ | $\alpha_2 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ |
| 10% | 28,5 | 28,5 | 64,1 | 64,1 |
| 15% | 23,7 | 23,7 | 51,9 | 51,9 |
| 20% | 20,5 | 20,5 | 43,7 | 43,7 |
| 25% | 18,0 | 18,0 | 37,5 | 37,5 |
| 30% | 16,3 | 16,3 | 33,1 | 33,1 |

4.5.8 Для линейного коэффициента температурного расширения α_3 в направлении, перпендикулярном поверхности монослоев из матов, нормативные значения указаны в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Нормативные значения коэффициента температурного расширения α_3 монослоев из матов, армированных Е-волокном.

| V_f | $\alpha_m = 50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ | $\alpha_m = 120 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ |
|-------|--|---|
| | $\alpha_3 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ | $\alpha_3 [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$ |
| 10% | 45,0 | 105,8 |
| 15% | 41,9 | 97,8 |
| 20% | 38,8 | 90,0 |
| 25% | 35,9 | 82,7 |
| 30% | 33,2 | 75,8 |

4.5.9 Линейные коэффициенты температурного расширения α_1 и α_2 в плоскости слоистого пластика, состоящего из различных типов монослоев с различной ориентацией волокон, должны определяться с помощью классической теории слоистых пластиков.

4.5.10 Линейный коэффициент температурного расширения α_3 в направлении, перпендикулярном плоскости слоистого пластика, состоящего из различных типов монослоев, может рассчитываться суммированием линейных коэффициентов температурного расширения в направлении, перпендикулярном плоскости слоистого пластика, умноженных на толщину слоев и деленных на общую толщину слоистого пластика в соответствии со следующей формулой:

$$\alpha_{\text{слоистыйпластик}} = (\alpha_{3-1} \cdot t_1 + \alpha_{3-2} \cdot t_2 + \alpha_{3-3} \cdot t_3 + \dots) / (t_1 + t_2 + t_3 + \dots),$$

где:

α_{3-i} – линейный коэффициент температурного расширения;

t_i – толщина слоя.

4.6 Коэффициент теплопроводности

4.6.1 В данном параграфе приводятся нормативные значения коэффициента теплопроводности для описанных в 4.3.6 типов монослоев и их комбинаций. Коэффициенты теплопроводности (λ_1 и λ_2 в плоскости поверхности и λ_3 перпендикулярно плоскости) стеклопластикового материала зависят от ориентации волокон (параллельно или перпендикулярно волокнам) и от процентного содержания волокон.

4.6.2 Коэффициент теплопроводности E-волокна составляет 1,1 Вт/м·К в любом направлении. Коэффициенты теплопроводности применимых смол (полиэфирных, винил-эфирных и эпоксидных) составляет 0,18 Вт/м·К.

4.6.3 Для коэффициентов теплопроводности λ_1 и λ_2 в плоскости поверхности однонаправленных монослоев верны значения, указанные в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Нормативные значения коэффициентов теплопроводности λ_1 и λ_2 однонаправленных монослоев

| V_f | λ_1 [Вт/м·К] | λ_2 [Вт/м·К] |
|-------|----------------------|----------------------|
| 40% | 0,55 | 0,31 |
| 45% | 0,59 | 0,33 |
| 50% | 0,64 | 0,36 |
| 55% | 0,69 | 0,4° |
| 60% | 0,73 | 0,44 |
| 65% | 0,78 | 0,48 |
| 70% | 0,82 | 0,53 |

Для нормативного значения коэффициента теплопроводности λ_3 в направлении, перпендикулярном плоскости однонаправленных монослоев, следует принимать значение λ_2 .

4.6.4 Для коэффициентов теплопроводности λ_1 и λ_2 в плоскости поверхности тканых монослоев верны значения, указанные в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Нормативные значения коэффициентов теплопроводности λ_1 и λ_2 перекрёстноармированных тканых монослоев

| V_f | λ_1 [Вт/м·К] | λ_2 [Вт/м·К] |
|-------|----------------------|----------------------|
| 25% | 0,33 | 0,33 |
| 30% | 0,36 | 0,36 |
| 35% | 0,39 | 0,39 |
| 40% | 0,43 | 0,43 |
| 45% | 0,46 | 0,46 |
| 50% | 0,50 | 0,50 |
| 55% | 0,54 | 0,54 |

4.6.5 Для коэффициента теплопроводности λ_3 в направлении, перпендикулярном плоскости поверхности тканых монослоев, верны значения, указанные в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Нормативные значения коэффициента теплопроводности λ_3 перекрёстно-армированных тканых монослоев

| V_f | λ_3 [Вт/м·К] |
|-------|----------------------|
| 25% | 0,25 |
| 30% | 0,26 |
| 35% | 0,28 |
| 40% | 0,31 |
| 45% | 0,33 |
| 50% | 0,36 |
| 55% | 0,40 |

4.6.6 Для коэффициентов теплопроводности λ_1 и λ_2 в плоскости поверхности монослоев из мата верны значения, указанные в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Нормативные значения коэффициентов теплопроводности λ_1 и λ_2 монослоев из мата

| V_f | λ_1 [Вт/м·К] | λ_2 [Вт/м·К] |
|-------|----------------------|----------------------|
| 10% | 0,24 | 0,24 |
| 15% | 0,27 | 0,27 |
| 20% | 0,30 | 0,30 |
| 25% | 0,33 | 0,33 |
| 30% | 0,36 | 0,36 |

Для коэффициента теплопроводности λ_3 в направлении, перпендикулярном плоскости поверхности монослоев из мата, верны значения, указанные в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Нормативные значения коэффициента теплопроводности λ_3 монослоев из матов

| V_f | λ_3 [Вт/м·К] |
|-------|----------------------|
| 1 | 3 |
| 10% | 0,20 |
| 15% | 0,21 |
| 1 | 3 |
| 20% | 0,23 |
| 25% | 0,25 |
| 30% | 0,26 |

4.6.7 Коэффициенты теплопроводности λ_1 и λ_2 в плоскости поверхности слоистого пластика, состоящего из различных типов монослоев с различной ориентацией волокон, определяются следующим образом:

$$\lambda_{1 \text{ пакета}} = \{(\lambda_{1-1} \cdot t_1) + (\lambda_{1-2} \cdot t_2) + (\lambda_{1-3} \cdot t_3) + \dots\} / (t_1 + t_2 + t_3 + \dots)$$

$$\lambda_{2 \text{ пакета}} = \{(\lambda_{2-1} \cdot t_1) + (\lambda_{2-2} \cdot t_2) + (\lambda_{2-3} \cdot t_3) + \dots\} / (t_1 + t_2 + t_3 + \dots),$$

где: λ_{j-i} – коэффициент теплопроводности;
 t_i – толщина i -ого слоя.

4.6.8 В том случае, если основные оси монослоев не совпадают с основными осями слоистого пластика, коэффициенты теплопроводности монослоя должны быть трансформированы согласно приведенным ниже формулам прежде, чем производить расчет по вышеуказанным формулам.

$$\lambda_1 = \cos^2 \theta \cdot \lambda_x - \sin^2 \theta \cdot \lambda_y,$$

$$\lambda_2 = \sin^2 \theta \cdot \lambda_x - \cos^2 \theta \cdot \lambda_y,$$

где: θ – угол между основными осями монослоя (x и y) и основными осями слоистого пластика (1 и 2).

4.6.9 Коэффициент теплопроводности λ_3 в направлении, перпендикулярном плоскости поверхности слоистого пластика, состоящего из различных (типов) монослоев, определяется следующим образом:

$$\lambda_{3 \text{ пакета}} = \frac{(t_1 + t_2 + t_2 + \dots)}{t_1/\lambda_{3-1} + t_2/\lambda_{3-2} + t_3/\lambda_{3-3} + \dots},$$

где обозначения по 4.6.7.

4.7 Требования к конструкциям

4.7.1 Поперечные сечения конструктивных элементов пешеходных мостов должны иметь размеры не менее приведенных в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Минимальные значения размеров поперечного сечения элементов

| Элементы из стеклопластика | Рекомендуемый вид поперечного сечения | Наименьшее значение нормируемого размера, мм |
|----------------------------|---------------------------------------|--|
| 1. Пояса горизонтальные | полка | 7 |
| 2. Стенки боковые | стенка | 7 |
| 3. Стенки внутренние | пластина | 5 |
| 4. Пояса интегрированные* | полка | 3,5 |
| 5. Стенки интегрированные* | стенка | 3,5 |

* – интегрированные элементы конструкции входят в состав трехслойных конструкций.

4.7.2 В качестве наполнителя трехслойных конструкций рекомендуется использовать пенополиуретан с плотностью не ниже:

- 100 кг/м³ для рассчитываемых трехслойных конструкций типа настил, диафрагмы, стенки. Допускается использовать пенополиуретан с плотностью 80 кг/м³ при условии экспериментального подтверждения сохранения его характеристик в течение всего срока службы конструкции.
- 30 кг/м³ для нерасчетных заполнений конструктивных элементов.

4.7.3 Вертикальные упругие прогибы пролетных строений не должны превышать:

- $\ell/400$ в продольном направлении, где ℓ - расчетный пролет (м);
- $\ell/250$ для поперечных сечений пролетов, лестничных маршей и площадок, где ℓ - расчетный размер поперечного сечения (м);

Значения прогибов вычисляются с учетом коэффициента надежности к модулю упругости по 4.10.3. Допускается изменять величину предельных прогибов по согласованию с заказчиком.

4.7.4 Пролетным строениям, их элементам в виде настила, перильным ограждениями и т. д. следует задавать строительный подъем, компенсирующий вертикальные деформации пролетного строения от постоянной нагрузки, превышающий $\ell/1000$. Коэффициент надежности по нагрузке принимается равным 1.

4.7.5 Все элементы конструкции мостов из стеклопластиков должны выполняться с дополнительным покрытием поверхности, стойким к ультрафиолетовому излучению и намоканию, нанесение которого выполняется в заводских условиях.

4.7.6 Рабочие поверхности настила, ступеней сходов должны быть покрыты износостойкими противоскользящими материалами, обеспечивающими удобство передвижения пешеходов.

Рекомендуется для защиты рабочих поверхностей настила из стеклопластика АпАТЭК-СТИНК применять полимербетонное покрытие марки "АпАТЭК ПБ-М" [5] и "АпАТЭК ППУ-АР" [6], которое должно

удовлетворять требованиям по морозостойкости не менее F300 (в солях) по ГОСТ 10060.2 и истираемости по ГОСТ 13015 в течение всего срока службы покрытия.

4.7.7 В качестве настила для пешеходных мостов, лестничных маршей и площадок сходов рекомендуется использовать трехслойный профиль по приложению Б.

4.7.8 Соединения навесных конструкций с несущими конструкциями моста следует выполнять с использованием анкерных болтов. В необходимых случаях болтовые анкерные соединения могут быть заменены на закладные анкерные гайки или пластины с гайками. Элементы креплений должны быть снабжены шайбами из стали. Диаметр шайбы должен быть не менее $2d$, где d – диаметр болта.

4.7.9 Навесными элементами конструкции являются перильные ограждения, узлы и элементы светопрозрачных зашивок и галерей, опорные части, узлы деформационных швов.

Схемы соединения перильного кронштейна с корпусом пролетного строения представлены в приложении Д.

4.7.10 Перила пешеходных мостов следует устраивать высотой 1,1 м. Рекомендуемая высота светопрозрачных галерей над пролетами и лестничными сходами – не менее 2,3 м.

4.7.11 Подготовка и нанесение полимерного износостойкого покрытия на элементы из стеклопластика АпАТэК-СТИНК следует проводить в условиях закрытого помещения или на открытых площадках под навесом при температуре от 5°C до 35°C и относительной влажности не выше 75%.

4.7.12 Расчетные периоды собственных колебаний (в незагруженном состоянии) по двум низшим формам (в балочных разрезных системах – по одной низшей форме) не должны находиться в интервале от 0,45 до 0,60 с – в вертикальной плоскости и в интервале от 0,90 до 1,20 с – в горизонтальной

плоскости. При этом следует учитывать возможность загрузки пролетных строений толпой, создающей нагрузку 0,49 кПа (50 кгс/м²).

4.7.13 Допустимые отклонения конструкций и элементов пешеходного моста представлены в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Допустимые значения отклонений конструкций и элементов пешеходного моста

| Наименование отклонений | Допускаемое отклонение, мм |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Конструкции моста | |
| Отклонение длины конструкции или элемента конструкции от проектной | $0,0005L$, но не более ± 10 мм |
| Отклонение расстояний между соседними узлами креплений | $\pm 1/3000$ длины, но не более ± 3 мм |
| Отклонение узлов конструкций и связей от плоскости | ± 3 мм |
| Лестничные сходы | |
| Расстояния по длине | $0,0005L$, но не более ± 10 мм |
| Расстояния по высоте и толщине: Косоуры | +2 |
| 1 | 2 |
| Ступени | +2 |
| Толщина Элементов конструкции | $\pm 1/10t$ |
| Ступени, где t – расчетная толщина(мм); | $1/10t$ |
| Стрела выгиба оси элемента. Для элементов конструкции и ступеней | $1:1000$ длины элемента или его части |
| Для элементов связей | $1:750$ длины элемента |
| 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 Скручивание (ГОСТ 26877) (винтообразность элемента) | $0,015 B$, но не более 3 мм $\alpha < 1,5^\circ$ на 1 метр длины элемента, но не более 5 мм на длине 10 м |

4.7.14 Достижимое содержание волокон зависит от способа производства и типа армирования (таблица 4.18)

Таблица 4.18 – Достижимого содержания волокон в зависимости от способа производства стеклопластика

| | Мат | Ткань | Однонапр. |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Ручная выкладка | 10% - 20% | 25% - 40% | 40% - 50% |
| Пропитка под давлением | 20% - 30% | 40% - 50% | 50% - 60% |

4.7.15 Сборка и монтаж мостовой конструкции из стеклопластиковых элементов осуществляется с использованием оборудования, инструментов и материалов, указанных в приложении Г.

4.8 Требования к расчету несущих конструкций пролетного строения моста на силовые воздействия

4.8.1 Несущие конструкции необходимо рассчитывать на действие постоянных нагрузок и неблагоприятных сочетаний временных нагрузок. Расчеты следует выполнять по предельным состояниям в соответствии с требованиями, ГОСТ Р 54257-2010 [7], [8] и настоящего стандарта. **(Измененная редакция, Изм. №1)**

4.8.2 Усилия в элементах и соединениях моста допускается определять в предположении упругой работы принятой расчетной схемы.

4.8.3 Усилия в элементах и перемещения мостовых конструкций из композиционных материалов определяются из условия их работы с сечениями брутто.

4.8.4 Геометрическую нелинейность, вызванную перемещением элементов конструкций, следует учитывать при расчете систем, в которых ее учет вызывает изменение усилий и перемещений более чем на 5 %.

4.8.5 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.

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

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

4.8.8 При расчетах перемещений пролётного строения и его элементов от температурного воздействия расчетные температуры конструкций, выполненных из стеклопластика, определяются в соответствии с подразделом 2.27 [7] как для металлических конструкций. Значение коэффициента линейного температурного расширения (КЛТР) стеклопластика следует принимать в соответствии с подразделом 4.5.

Влияние солнечной радиации на температуру элементов следует учитывать в виде дополнительного нагрева на 10°С освещенного солнцем поверхностного слоя.

4.8.9 Устойчивость моста против опрокидывания и сдвига следует определять по подразделами 1.40 и 1.41 СП 35.13330.2011 [7]. Проектирование опорных частей проводить с учетом действия как усилий отрыва, так и усилий сжатия, возникающих при ветровом воздействии.

4.9 Требования к расчету элементов конструкций

4.9.1 При определении усилий в конструкциях мостов следует руководствоваться основными положениями раздела [7] в части расчетов стальных конструкций мостов при значении коэффициента, учитывающего ограниченное развитие пластических деформаций в сечении, равном 1.

4.9.2 Следует учитывать, что по сравнению с конструкциями из бетона и стали, при проектировании стеклопластиковых конструкций деформации имеют большие значения, поскольку слоистые стеклопластики обладают относительно меньшим модулем упругости. При определении деформаций

элементов стеклопластиковых конструкции следует учитывать деформации, возникающие вследствие изгиба, а также вследствие сдвига.

4.9.3 Вертикальные упругие прогибы пролетных строений от временной нагрузки рассчитывать на основании нормативного значения модуля упругости в конце срока службы конструкции путем деления его на коэффициенты надёжности для влажности K_1 и старения K_2 , определённые согласно 4.4.4.

4.9.4 Деформации от постоянного нагружения определять на основании нормативного модуля упругости, делённого на коэффициенты надёжности для влажности K_1 , старения K_2 и ползучести K_4 , определённые согласно 4.4.4 и 4.4.5.

4.9.5 Расчёт прочности конструкции по первому предельному состоянию следует, как правило, проводить по результатам расчета МКЭ в объёмной постановке с использованием нормативных модулей упругости по 4.4.1 и критерия по деформациям по 4.4.2. Расчёт местной прочности допускается проводить в соответствии с формулами и зависимостями данного раздела. Расчётные сопротивления материала в произвольном направлении определять по 4.4.2, 4.4.7 и 4.4.9.

4.9.6 Расчет по прочности элементов, подверженных центральному растяжению (сжатию) силой N , следует выполнять по формуле:

$$\frac{N}{A_n} \leq R_N^{t(c)}, \quad (4.10.1)$$

где: $R_N^{t(c)}$ – расчетное сопротивление растяжению (сжатию) вдоль воздействия силы N ;

A_n – площадь сечения с учётом ослабления отверстиями.

4.9.7 Расчет по прочности по нормальным напряжениям изгибаемых, внецентреннорастянутых и внецентренносжатых элементов следует выполнять по формуле:

$$\frac{|N|}{A_n} + \frac{|M_x|}{\xi_x W_{nx}} + \frac{|M_y|}{\xi_y W_{ny}} \leq R_N^b, \quad (4.10.2)$$

где: R_N^b – расчетное сопротивление изгибу вдоль воздействия силы N ;

A_n, W_{nx}, W_{ny} – площадь и моменты сопротивления сечения нетто;

N, M_x, M_y – расчетные продольная сила (положительное значение продольной силы соответствует растяжению) и изгибающие моменты в обеих плоскостях;

ξ_x, ξ_y – коэффициенты, учитывающие возникновение дополнительных моментов от продольной сжимающей силы.

Значения коэффициентов ξ_x, ξ_y равны:

$$\xi_{x(y)} = 1 + \frac{N}{N_{ex(y)}} \leq 1, \quad (4.10.3)$$

где: $N_{ex(y)}$ – критическая сила при потере устойчивости в обеих плоскостях для рассчитываемого сечения.

Допускается принимать $\xi_{x(y)} = 1$ при $\lambda_{x(y)} \leq 60$ (определение $\lambda_{x(y)}$ по формуле (4.10.5)).

Значение критической силы допускается вычислять по формуле:

$$N_{ex(y)} = \varphi_{x(y)} R_N^c A, \quad (4.10.4)$$

где: $\varphi_{x(y)}$ – коэффициент продольного изгиба. Определяется при $e_{ef} = 0$ по формулам (4.10.11), (4.10.12).

4.9.8 Значение гибкостей $\lambda_{x(y)}$ в различных плоскостях элемента, которому принадлежит рассчитываемое сечение, вычисляется для случая сплошного сечения по формуле:

$$\lambda_{x(y)} = \frac{\ell_{efx(y)}}{i_{x(y)}}, \quad (4.10.5)$$

где $\ell_{efx(y)}$ – расчетная длина в плоскости изгиба;

$i_{x(y)}$ – радиус инерции, вычисляемый для сечения брутто.

Величину $l_{efx(y)}$ следует назначать с учетом фактических условий закрепления элемента в узлах и подвижности опорных закреплений. Значения величины не могут назначаться меньше значений, определяемых в соответствии с требованиями подразделов 4.48-4.52 [7].

При вычислении гибкости составных элементов необходимо руководствоваться требованиями подраздела 4.37 [7].

4.9.9 Значения касательных напряжений τ в сечении должны удовлетворять условию:

$$\tau \leq R^s \quad (4.10.6)$$

где R^s – расчетное сопротивление сдвигу.

Допускается вычислять значения τ по формуле:

$$\tau = \frac{QS^{omc.}}{It} \quad (4.10.7)$$

Для сечений, приведенных в таблице 4.19, значения τ можно вычислять по формуле:

$$\tau = \frac{Q}{kA_{cd}}, \quad (4.10.8)$$

где: I – момент инерции сечения брутто;

A_{cd} – площадь сдвига (см. таблицу 4.19);

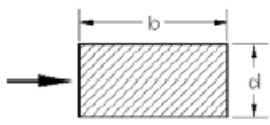
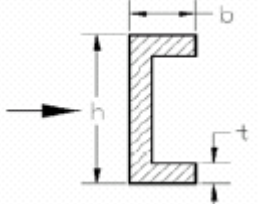
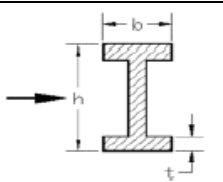
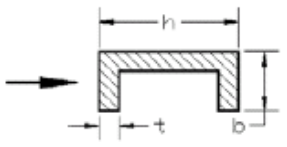
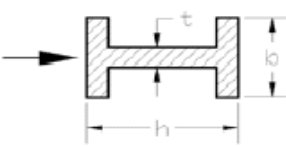
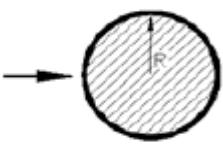
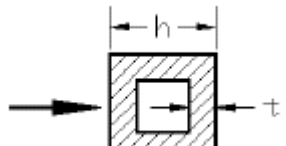
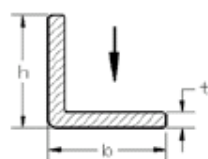
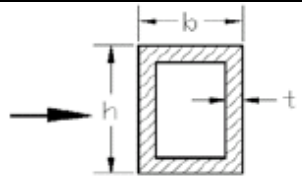
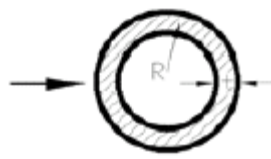
k – коэффициент сдвига (см. таблицу 4.19);

$S^{omc.}$ – статический момент отсеченной части сечения;

t – толщина стенки. При наличии ослаблений стенки отверстиями диаметра d , расположенных с шагом a , вместо значения t необходимо подставлять значение t_{ef} :

$$t_{ef} = t \frac{a-d}{a}. \quad (4.10.9)$$

Таблица 4.19 – Сечения стеклопластиковых элементов

| Поперечное сечение | Площадь сдвига $A_{сд}$ | k | Поперечное сечение | Площадь сдвига | k |
|---|-------------------------|-----|---|--------------------|------|
|  Прямоугольник | $A_{сд} = ba$ | 2/3 |  Швеллер | $A_{сд} = 2tb$ | 0.85 |
|  Двутавр | $A_{сд} = 2bt$ | 0.8 |  Швеллер | $A_{сд} = th$ | 0.9 |
|  Двутавр | $A_{сд} = th$ | 0.9 |  Круг | $A_{сд} = \pi R^2$ | 8/9 |
|  Труба квадратная | $A_{сд} = 2th$ | 0.9 |  Уголок | $A_{сд} = th$ | 0.9 |
|  Труба прямоугольная | $A_{сд} = 2tb$ | 0.9 |  Труба круглая | $A_{сд} = 2\pi Rt$ | 0.5 |
| Стрелка указывает направление усилия сдвига, k – коэффициент сдвига, $A_{сд}$ – площадь сдвига, $A_k = A_{сд}k$. | | | | | |

4.9.10 Для стенок сечений должно выполняться условие, ограничивающее величину эквивалентного напряжения:

$$\frac{\sigma_x^2}{S_1^2} - \frac{\sigma_x \sigma_y}{S_1 S_2} + \frac{\sigma_y^2}{S_2^2} + \frac{\tau^2}{S_{12}^2} \leq 1,1,$$

где σ_x, σ_y – действующие напряжения в направлениях x и y ;

τ – действующие напряжения сдвига в плоскости элемента;

S_1, S_2 – предельные напряжения в главных осях жесткости материала;

S_{12} – предельное сдвиговое напряжение.

Эти напряжения S_1 , S_2 , S_{12} принимают значения в зависимости от знака нагружения (растяжение или сжатие), поэтому:

$$S_1 = \begin{cases} R_1^t, & \sigma_x \geq 0 \\ R_1^c, & \sigma_x < 0 \end{cases}, S_2 = \begin{cases} R_2^t, & \sigma_y \geq 0 \\ R_2^c, & \sigma_y < 0 \end{cases}, S_{12} = R^s \quad (4.10.10)$$

4.9.11 Расчет при плоской форме потери устойчивости элемента постоянного сечения, подверженного центральному или внецентренному сжатию в плоскости наименьшей гибкости, следует выполнять по формуле:

$$\frac{N}{A} \leq \varphi R_N^c, \quad (4.10.11)$$

где R_N^c – расчетное сопротивление сжатию вдоль воздействия силы N ;

A – площадь сечения брутто;

φ – коэффициент продольного изгиба, зависящий от максимальной гибкости и эксцентриситета приложения нагрузки.

Коэффициент продольного изгиба φ должен определяться в соответствии с зависимостями, полученными экспериментальным путем. В случае отсутствия таких зависимостей допускается определять его значение по таблице 3* приложения 15* [7] в зависимости от значений гибкости λ и приведенного относительного эксцентриситета e_{ef} :

$$e_{ef} = \eta e_{rel}, \quad (4.10.12)$$

где $e_{rel} = e/\rho$ – относительный эксцентриситет;

$\rho = W/A$ – ядровое расстояние;

$e = M/N$ – эксцентриситет приложения нагрузки;

W, A – момент сопротивления и площадь сечения брутто;

N, M – сжимающая сила и изгибающий момент в элементе;

η – коэффициент формы сечения, определяемый по приложению 15* [7]

как для стали 10ХСНД.

4.9.12 Расчет местной устойчивости при изгибе двутавровых профилей, квадратных и прямоугольных труб следует определять по формуле:

$$\sigma^{кр} = \frac{\pi^2}{12\gamma_E} \left(\frac{2t}{b} \right)^2 \left[\sqrt{q} \left(2\sqrt{E_1 E_2} \right) + p \left(E_2 \nu_{12} + 2G \right) \right] \quad (4.10.13)$$

для двутаврового сечения:

$$p = 0.3 + \frac{0.004}{\zeta - 0.5}; \quad q = 0.025 + \frac{0.065}{\zeta + 0.4}; \quad \zeta = \frac{2b_{cm}}{b};$$

для квадратных и прямоугольных труб:

$$p = 2.0 + \frac{0.002}{\zeta - 1.3}; \quad q = 1.0 + \frac{0.08}{\zeta + 0.2}; \quad \zeta = \frac{b_{cm}}{b},$$

где ν_{12} - коэффициент Пуассона;

E_1, E_2 - модули упругости;

G - модуль сдвига;

t, b – толщина и ширина сжатой зоны профиля;

$b_{ст}$ - высота стенки профиля;

γ_E - коэффициент надежности по модулю упругости по 4.10.4.

4.9.13 Расчет стальных элементов, включая стальные элементы в зоне болтовых соединений, выполняется в соответствии с разделом 4 [7].

4.9.16 Расчетные сопротивления для сталей по 4.4.14 рекомендуется определять путем умножения расчетных сопротивлений для стали 10ХСНД (для несущих элементов) или 40Х (для болтов) на отношение допускаемого напряжения для сталей по 4.4.14 к допускаемому напряжению для стали 10ХСНД или 40Х, соответственно.

4.10 Требования к расчету соединений

4.10.1 Прочность болтовых соединений элементов проверяется как по болтам, так и по стеклопластику.

4.10.2 Проверка стеклопластика в зоне болтового соединения зависит от типа разрушения элемента, а также от геометрических и прочностных

параметров соединения и может быть условно сведена к трём основным схемам разрушения:

- в сечении по отверстию (приложение В, схема а);
- от смятия контактной поверхности (приложение В, схема б);
- от сдвига по плоскостям среза в направлении от отверстия к задней кромке или к отверстию в соседнем ряду (приложение В, схема с).

4.10.3 Расчет по прочности сечений, ослабленных отверстиями, выполнять в соответствии с подразделом 4.10. При этом при вычислении геометрических характеристик сечения нетто учитывается ослабление отверстием диаметром d' :

$$d' = \max\{d_{om}; d + 2\}, \quad (4.11.1)$$

где d_{om} - диаметр отверстия, мм;

d - диаметр болта, мм.

4.10.4 Расчетное усилие N_b , которое может быть воспринято одним болтом, следует определять как наименьшее из двух значений, вычисленных по формулам:

- на смятие:
$$N_b = m_b m_{b1} dt R_N^c, \quad (4.11.2)$$

- на сдвиг:
$$N_b = m_b m_{b1} dt R_N^{sb} \cdot 2 \left(\frac{e}{d} - \frac{1}{2} \right), \quad (4.11.3)$$

где d – диаметр болта;

t – толщина элемента из стеклопластика;

e – шаг болтов в продольном направлении или расстояние до свободной грани элемента, при этом величина e/d не должна быть менее 2,5;

R_N^c – расчетное сопротивление сжатию вдоль воздействия силы N ;

R_N^{sb} – расчетное сопротивление сдвига вдоль воздействия силы N ;

m_{b1} - коэффициент условий работы, принимаемый в соответствии с таблицей 81 [7] равным 0,9;

m_b - коэффициент условий работы, принимаемый в соответствии с таблицей 82 [7].

4.10.5 При соответствии укладки материала требованиям 4.3.2 проверку прочности на сдвиг по формуле (4.11.3) не проводить, так как при значительном количестве наполнителя расположенного поперёк действия болтовой нагрузки, прочность от разрыва сечения и смятия материала значительно ниже, чем от сдвига.

4.10.6 В связи с низкой жесткостью элементов из стеклопластиков по сравнению со стальными элементами усилия, действующие на многоболтовое соединение, распределяются по отдельным соединениям (болтам):

– от осевой нагрузки пропорционально их жесткости: $P_{ij} = \frac{P_j}{N}$,

где j – индекс направления x и y , $i = 1 \dots N$, N – число болтов,

P_j – суммарная нагрузка в j -ом направлении;

– от момента в плоскости по формулам:

$$P_{xi} = \gamma k\varphi \cos \alpha_i$$

$$P_{yi} = k\varphi \cos \alpha_i$$

где $k\varphi$ – константа;

γ – отношение модуля упругости материала в продольном (x) и поперечном (y) направлениях;

α_i – угол между осью Y и радиусом-вектором i -ого болта относительно центра тяжести соединения.

Произведение $k\varphi$, определяемое из уравнения равновесия моментов:

$$k\varphi = \frac{M}{\sum_{i=1}^N r_i^2 (\gamma \cos^2 \alpha_i + \sin^2 \alpha_i)}$$

где M – суммарный момент относительно центра тяжести соединения;

r_i – радиус-вектор i -ого болта относительно центра тяжести соединения.

При действии на болт нагрузок по двум направлениям следует проверить соотношение:

$$\sqrt{\left(\frac{N_x}{N_{bx}}\right)^2 + \left(\frac{N_y}{N_{by}}\right)^2} \leq 1 \text{ или } \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{N_x}{N_{bx}}\right)^2 + \left(\frac{N_y}{N_{by}}\right)^2}} \geq 1,$$

где N_x и N_y – усилия на болт в направлениях параллельном и перпендикулярном продольной оси стеклопластика, соответственно;

N_{bx} и N_{by} – предельно допускаемые усилия на болт согласно формулам (4.11.2) и (4.11.3) в направлениях, параллельном и перпендикулярном продольной оси стеклопластика, соответственно.

4.10.7 Диаметр шайбы должен быть не меньше удвоенного диаметра болта.

Для повышения эксплуатационной надёжности конструкции допускается в болтовых соединениях, работающих на срез, применять специальные болты с полукруглой или «чечевичной» головкой.

4.10.8 Момент затяжки болтов при сборке конструкции должен быть не более: для болтов М8 – (15+2) Нм, М10 – (30+3) Нм, М12 – (40+5) Нм, М14 – (60+5) Нм, М16 – (80+6) Нм. Увеличение момента затяжки возможно только при предварительном экспериментальном исследовании на образцах.

Применение болтов без затяжки не допускается.

4.10.9 Необходимо избегать касания резьбой болта материала стеклопластика. При наличии резьбовой части болта внутри отверстия толщина элемента из композиционного материала, лежащая напротив резьбы, не учитывается при расчете на прочность при смятии. В случае невозможности выполнения этого требования допускается по согласованию с проектной организацией в отверстие устанавливать втулку с фланцем или без фланца с размерами:

- внутренний диаметр на один миллиметр больше диаметра болта;
- наружный диаметр цилиндрической части втулки на 2,0 мм больше её внутреннего диаметра;

- диаметр фланца не менее удвоенного наружного диаметра цилиндрической части втулки.

Втулки следует устанавливать на клее холодного отверждения.

4.10.10 Силы трения, возникающие в элементах соединений при расчетах на смятие и скалывание, не учитывать.

4.10.11 Соединения на анкерных болтах по 4.8.8 проектировать по [9]. Допускается использовать полые болты Hollo-bolt фирмы Lindapter (Великобритания) (www.lindapter.com).

5. Требования по транспортированию, хранению и эксплуатации, хранению и утилизации

(Измененная редакция, Изм. №1)

5.1 Транспортирование стеклопластиковых конструкций проводится любым видом транспорта по правилам перевозки, утверждённым соответствующим транспортным ведомством.

При транспортировке необходимо, чтобы подкладки для конструкций в районе поперечных силовых элементов оставались в правильном положении, либо крепились к основанию или к конструкции.

Вся конструкция при транспортировании должна надёжно крепиться к опоре стропами, ремнями и т. п.

Необходимое число опор и мест крепления при транспортировке определяется расчётом и устанавливается проектом.

5.2 Транспортирование стеклопластиковых конструкций речным и смешанным железнодорожно-водным транспортом производится связками, упакованными в деревянные ящики по ГОСТ 18617, а также в универсальных контейнерах по ГОСТ 15102, ГОСТ 20435 При поставке конструкций из композиционных материалов ограждения в районы крайнего севера, упаковка должна соответствовать требованиям ГОСТ 15846.

(Измененная редакция, Изм. №1)

5.3 Маркировка

5.3.1 Каждая конструкция должна иметь четкую, легко читаемую на протяжении срока службы маркировку.

5.3.2 Каждый транспортный пакет, отправляемый предприятием-изготовителем должен быть промаркирован.

5.3.3 Транспортная маркировка наносится на металлический, пластмассовый, деревянный ярлык либо на бумагу методом покраски по трафарету и крепится способом, обеспечивающим ее сохранность во время транспортирования, хранения и эксплуатации.

5.3.4 Маркировка должна содержать:

- наименование или товарный знак предприятия-изготовителя;
- наименование и условное обозначение продукции;
- дату изготовления (месяц, год).

(Измененная редакция, Изм. №1)

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

- избегать точечных нагрузок;
- располагать узлы крепления строп в районе поперечных силовых элементов, а не между ними; стропы располагать вдоль линий, соединяющих точку приложения нагрузки и точку подъема;
- места контакта строп с конструкцией должны быть защищены деревянными или другими твердыми прокладками, препятствующими движению строп вдоль конструкции;
- при подъеме вильчатым подъемником следует выполнять рекомендации для строповки и предусматривать прокладки между вилочным захватом и конструкцией;
- выгрузку конструкций проводить в обратном порядке по сравнению с погрузкой.

5.5 Хранение

5.5.1 Конструктивные элементы рекомендуется хранить под навесом.

5.5.2 Изделия нельзя подвергать воздействию открытого пламени, длительному интенсивному воздействию тепла (нагревательные приборы не ближе 1 метра).

(Измененная редакция, Изм. №1)

5.6 Эпоксидные, полиэфирные, винилэфирные и фенольные компоненты следует хранить в плотно закрытой таре в проветриваемом складском помещении при температуре от 10°C до 25°C и относительной влажности воздуха не более 75% вдали от источников тепла, окислителей, насыщенных кислот и щелочей.

5.7 Растворители (ацетон, нефрас марки С2 80/120 или другие растворители) следует хранить в отдельном складском помещении в плотно закрытой таре поставщика при температуре от 10°C до 25°C вдали от источников тепла и прямых солнечных лучей.

5.8 Не допускается попадание компонентов покрытия и растворителей в дренажные системы и источники водоснабжения.

5.9 Допустимые виды и размеры производственных дефектов стеклопластика приведены в таблице «Производственные дефекты» (приложение Е).

5.10 Для ремонта дефектов стеклопластиковых элементов следует использовать клеи на основе эпоксидных и полиуретановых смол марок ВК-9, ВК-27, ЭБСМ, Л-4, АДВ-11-2, Araldite 2015, Sicadur 330 или другие клеи, технические характеристики которых не хуже перечисленных клеев.

5.11 Непроклеенные сопряжения элементов, расслоения, «хлопуны» следует ремонтировать путем их инъецирования под давлением клеем по 5.9.

5.12 Поверхностные трещины разделяются, зачищаются, обезжириваются и заполняются клеем по 5.9.

5.13 Глубокие надрывы и сквозные трещины с раскрытием более 1 мм ремонтируются путем установки в вырезанный дефект клеиваемых стеклопластиковых вставок.

5.14 Рекомендуется усиливать дефектные зоны с помощью стеклопластиковых накладок (приложение Ж), прикрепляемых к ремонтной зоне на клею с использованием дополнительного механического крепежа.

5.15 Композитные конструкции, дальнейшая эксплуатация которых недопустима по критериям надежности и безопасности, после демонтажа подлежат захоронению на свалке твердых промышленных отходов.

(Измененная редакция, Изм. №1)

6. Гарантия изготовителя

6.1 Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие мостовых конструкций из композитных материалов требованиям настоящего стандарта при соблюдении правил транспортирования, условий хранения и применения по назначению.

6.2 Гарантийный срок эксплуатации конструкций мостов из композитных материалов, в течение которого изготовитель обязан устранять обнаруженные потребителем дефекты, устанавливается договором (контрактом).

6.3 В период гарантийного срока по согласованной с заказчиком программе осуществляется мониторинг состояния моста, если мониторинг предусмотрен договором (контрактом).

7. Требования охраны окружающей среды

7.1 Готовые конструкции и изделия в процессе хранения, монтажа и эксплуатации не должны выделять в окружающую среду токсичные вещества.

7.2 Отходы, полученные в процессе производства и не подлежащие переработке, подлежат захоронению на свалке твердых промышленных отходов.

(Измененная редакция, Изм. №1)

8. Правила приемки

8.1 Приемку материалов для изготовления слоистого стеклопластика, осуществляет отдел технического контроля предприятия-изготовителя в соответствии с "Перечнем материалов, подлежащих входному контролю".

Приемку элементов конструкции моста осуществляет комиссия предприятия-изготовителя.

Приемку конструкции моста в эксплуатацию проводит комиссия, в состав которой входят представители предприятия-изготовителя, разработчика и заказчика, в соответствии с порядком, установленным в системе заказчика.

8.2 Входной контроль материала моста

8.2.1 Входной контроль материала моста проводится на предприятии-изготовителе элементов конструкции моста.

8.2.2 Входному контролю подвергаются основные материалы, предназначенные для изготовления ответственных нагруженных элементов. Под материалом понимается стеклопластик из одного типа армирующего наполнителя по 4.3.5. Толщина материала выбирается с учётом параметров используемой испытательной техники, но не меньше минимальной толщины материала, используемой в проекте.

8.2.3 Объём контроля и критерии приёмки указаны в таблице 8.1. Входной контроль целесообразно проводить до начала изготовления моста.

8.2.4 Для контроля прочности и модуля упругости материала для полученного по п. 2 таблицы 8.1 объёмному содержанию наполнителя в соответствии с 4.4.6 и 4.4.7 проводится расчёт нормативных значений. В качестве нормативных значений прочности соединений по п. п. 6 и 7 таблицы 8.1 принимать нормативные значения прочности при сжатии в соответствующем направлении. Экспериментальные значения должны быть не ниже нормативных значений.

Таблица 8.1 – Входной контроль. Объём и критерии приёмки

| № | Контролируемый параметр | Количество образцов | Норма | Метод |
|---|---|---------------------|----------------|----------------|
| 1 | Внешний вид | 100% от партии | подраздел 9.2 | подраздел 9.2 |
| 2 | Объёмное содержание наполнителя | 3* | 4.3.2 и 4.8.14 | подраздел 9.4 |
| 3 | Прочность при растяжении в направлении максимального армирования | 10 | 8.2.4 | подраздел 9.6 |
| 4 | Модуль упругости при растяжении в направлении максимального армирования | 10** | 8.2.4 | подраздел 9.7 |
| 5 | Прочность при межслоевом сдвиге | 10 | 4.4.12 | подраздел 9.8 |
| 6 | Прочность соединения в направлении максимального армирования | 5 | 8.2.4 | подраздел 9.9 |
| 7 | Прочность соединения в направлении нормальном максимальному армированию | 5 | 8.2.4 | подраздел 9.10 |

* для каждого листа, предназначенного для изготовления образцов;

** допускается проводить на образцах по п. 3

8.2.5 Для контроля прочностных характеристик изготавливают листы материала. Листы должны изготавливаться по технологии и из исходных материалов предназначенных для создаваемой конструкции. Для входного контроля допускается использовать результаты приёмо-сдаточных и периодических испытаний.

8.2.6 Результаты входного контроля прочностных характеристик материала АпАТЭК-СТИНК оформляются протоколами.

8.2.7 При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей, необходимо проведение повторных испытаний на удвоенном количестве образцов. Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию исходных материалов. В случае

неудовлетворительных результатов повторных испытаний проводится анализ прочности конструкции на предмет необходимости её усиления или принимается решение о замене материалов.

8.3 Контроль качества сырья и материалов должен осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 24297.

(Введен дополнительно, Изм. № 1)

8.4 Приемка элементов конструкции моста на предприятии-изготовителе

8.4.1 Приемку элементов конструкции моста осуществляет комиссия предприятия-изготовителя.

8.4.2 Для контроля качества изготовления при приёмке элементов проводится контроль материалов на образцах-свидетелях. Данному контролю подвергаются материалы из которых изготавливаются ответственные нагруженные элементы. При наличии в конструкции материалов с различными толщинами при выборе материала образцов предпочтение следует отдавать элементам с большей толщиной с учётом параметров используемой испытательной техники.

8.4.3 Объём контроля и критерии приёмки указаны в таблице 8.2. Экспериментальные значения должны быть не ниже нормативных значений.

Таблица 8.2– Контроль на образцах-свидетелях. Объём и критерии приёмки

| № | Контролируемый параметр | Количество образцов | Норма | Метод |
|---|---------------------------------|---------------------|----------------|---------------|
| 1 | Внешний вид | 100% от партии | подраздел 9.2 | подраздел 9.2 |
| 2 | Прочность при межслоевом сдвиге | 10 | Не ниже 4.4.12 | подраздел 9.8 |

8.4.4 Для контроля прочностных характеристик изготавливают листы материала. Укладка слоёв, технология и исходные материалы листов должны полностью соответствовать создаваемой конструкции. Допускается

проводить вырезку образцов из технологических припусков моста. При проектировании элементов для вырезки образцов необходимо предусмотреть возможность вырезки из них удвоенного комплекта для повторных испытаний. В исключительных случаях допускается объединять испытания на образцах-свидетелях и входного контроля материалов в соответствии с подразделом 8.2.

8.4.5 Результаты испытаний на образцах-свидетелях характеристик материала АпАТэК-СТИНК оформляются протоколами.

8.4.6 При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей, необходимо проведение повторных испытаний на удвоенном количестве образцов. Результаты повторных испытаний распространяются на весь рассматриваемый элемент. В случае неудовлетворительных результатов повторных испытаний проводится анализ прочности конструкции на предмет необходимости её усиления.

8.4.7 При приемке элементов конструкции проверяется:

- результаты входного контроля материала – в соответствии с подразделом 8.2.6 и испытаний на образцах-свидетелях 8.3.5;
- соответствие элементов конструкции требованиям конструкторской и технологической документации;
- сводный перечень материалов, примененных для изготовления конструкции, с указанием сертификатов (паспортов);
- перечень отступлений от утвержденного проекта и от технологического процесса изготовления с соответствующими согласованиями.

8.4.8 По результатам приемки комиссия оформляет Акт.

8.5 Входной контроль элементов моста из стеклопластика, поступивших на строительную площадку

8.5.1 Объем входного контроля:

- проверка документации (паспортов) о качестве поступивших элементов моста;

- проверка комплектности элементов моста;
- проверка сохранности после транспортирования на предмет выявления внешних повреждений, снижающих несущую способность и долговечность конструкции.

8.5.2 После проведения входного контроля организация, осуществляющая монтаж моста, и предприятие-изготовитель оформляют Акт приема-передачи элементов моста.

8.6 Приемка конструкции моста

8.6.1 Испытания и приемка конструкции моста проводятся по специальной программе, разрабатываемой заказчиком.

8.6.2 При сдаче моста заказчику предприятие-изготовитель представляет паспорт на конструкцию и следующую документацию:

- комплект конструкторской документации и монтажные схемы;
- акты приемки элементов конструкции моста рабочей комиссией предприятия-изготовителя;
- результаты контроля характеристик стеклопластика в соответствии с подразделами 7.2.6 и 7.3.5;
- сертификаты (паспорта) на применяемые материалы.

8.6.3 По результатам испытаний и приемки моста комиссия составляет Акт.

9. Методы испытаний и контроля

9.1 Геометрические параметры изделий из АпАТэК-СТИНК проверяют в соответствии с требованиями ГОСТ 26433.1 и с применением измерительных инструментов необходимой точности.

9.2 Проверка состояния поверхности, цвета, размеров производственных дефектов и качества обрезки производится визуально путем сравнения с контрольным образцом с использованием таблицы «Производственные дефекты» (приложение Е).

9.3 Испытания материала изделий из АпАТЭК-СТИНК проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 14359. Образцы для физических и механических испытаний вырезать из материала технологических припусков стеклопластиковой конструкции или из пластин, изготовленных из материалов и по технологии исследуемой конструкции. Отбор проб должен производиться на расстоянии не менее 50 мм от торца (среза) стеклопластика.

Образцы для испытаний вырезать с помощью электромеханической пилы или фрезерного станка при охлаждении режущего инструмента водой с расходом не менее 1 л/мин (в зависимости от скорости резания). Режимы резания необходимо подобрать такими, чтобы при выходе инструмента из реза на образце не образовывались рваные кромки, а также не происходило отслаивания периферийных слоёв композита и его нагрева до температуры, превышающей температуру стеклования материала более чем на 28°C.

Перед каждым видом испытаний образцы стеклопластика нормализуют. Если исследуемые образцы хранились в помещении с повышенной влажностью (относительная влажность выше 80%), то в период нормализацией они выдерживаются в комнатных условиях не менее 7 суток.

9.4 Объёмное содержание армирующего наполнителя определять по методике [10].

9.5 Температуру стеклования определять по методике [11]. Допускается заменить данный вид испытаний на испытания в соответствии с подразделом 8.16.

9.6 Разрушающее напряжение при растяжении определять по ГОСТ 11262.

9.7 Модуль упругости при растяжении определять по ГОСТ 9550.

9.8 Разрушающее напряжение при межслоевом сдвиге определять по методике приложения Л.

9.9 Разрушающее напряжение при скалывании для соединений определять по методике приложения К.

9.10 Плотность стеклопластика должна определяться методом гидростатического взвешивания на трех образцах по ГОСТ 15139.

9.11 Разрушающее напряжение при статическом изгибе определять по ГОСТ 4648.

9.12 Разрушающее напряжение при сжатии определять по ГОСТ 4651.

9.13 Водопоглощение определять на пяти образцах по ГОСТ 4650.

9.14 При проведении испытаний применяют штангенциркуль (по ГОСТ 166), термометр жидкостный (по ГОСТ 28498), линейка измерительная металлическая (по ГОСТ 427), рулетка металлическая (по ГОСТ 7502), машина разрывная с пределом измерений до 100кН и погрешностью $\pm 5\%$, копер маятниковый типа БКМ-5 (по ГОСТ 10708), эксикатор (по ГОСТ 23932), часы и весы аналитические с пределом взвешивания до 200 г и погрешностью $\pm 0,15$ мг.

9.15 Влияние увлажнения на прочностные характеристики стеклопластиковых элементов моста определять путем водонасыщения изделий в соответствии с требованиями ГОСТ 4650 и последующего определения прочности водонасыщенных образцов на сжатие и растяжение.

Стеклопластиковые элементы моста считаются прошедшими испытания, если коэффициент снижения прочности водонасыщенных образцов стеклопластика не превышает значения величины K_I по 4.4.4.

9.16 Влияние температуры на прочностные характеристики стеклопластиковых элементов моста определять путем нагрева изделий до 40°C и последующего определения прочности элементов на растяжение и сжатии.

Коэффициент снижения прочности при температуре 40°C не должен превышать значения величины K_3 по 4.4.4.

9.17 Контроль качества сырья и материалов должен осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 24297.

(Введён дополнительно, Изм. № 1).

10. Требования по безопасности

10.1 При производстве работ по сооружению мостов из стеклопластиковых элементов необходимо выполнять требования техники безопасности в соответствии с [12] и [13].

Производственные процессы должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.002, применяемое оборудование – ГОСТ 12.2.003, способы производства погрузочно-разгрузочных работ – ГОСТ 12.3.009. Характеристики материалов и продуктов, предназначенные для изготовления мостов из композитных материалов, по степени опасности действия на организм человека изложены в Приложении И.

10.2 Предел огнестойкости конструкций из композитных материалов определяется Заказчиком и назначается в соответствии с №123-ФЗ и СНиП 21-01-97*.

(Измененная редакция, Изм. №1)

10.3 К изготовлению и монтажу изделий могут допускаться лица не моложе 18 лет, предварительно прошедшие медицинское освидетельствование, специальное обучение и аттестацию, вводный инструктаж по технике безопасности, пожарной безопасности.

10.4 Для предотвращения воздействий статического электричества, все металлические конструкции должны быть заземлены, рабочие места снабжены резиновыми ковриками. Нормы допустимой напряженности электростатического поля на рабочих местах согласно ГОСТ 12.1.045.

10.5 Рабочие места должны быть оборудованы средствами пожаротушения (углекислотные и порошковые огнетушители, вода, пар, асбестовое полотно, песок).

(Вновь внесены , Изм. №1)

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

10.7 При выполнении окрасочных работ с применением электрооборудования необходимо до начала работы осуществлять проверку

СТО 11567537.01-2008

исправности оборудования, защитного заземления, сигнализации, а в процессе работы не допускать перегибания гидравлических и пневматических шлангов и их прикосновения к подвижным стальным канатам.

10.8 Все процессы, связанные с приготовлением связующих и клеев, необходимо производить в хорошо проветриваемом помещении или на открытом воздухе.

10.9 Клей готовится на специальном столе, покрытом бумагой, которая убирается в конце каждого рабочего дня.

10.10 При приготовлении клея или связующего на открытом воздухе рабочие должны находиться с наветренной стороны. Вблизи места работ не должны находиться посторонние люди.

10.11 Запрещается сливать использованный растворитель в водоём, а неиспользованные полимерные составы утилизировать до отверждения. Они не должны закапываться или сжигаться. После отверждения клей утилизируется как пластмасса.

10.12 В зоне, где производится работа по приготовлению клея или связующего, запрещается принимать пищу, курить, пользоваться открытым огнём.

10.13 При работе с клеем и связующим необходимо следить за чистотой рук и одежды.

10.14 При попадании клея связующего или их составляющих на кожу необходимо промыть это место тёплой водой и протереть тампоном, смоченным в этиловом спирте.

Приложение А (рекомендуемое)

Методика расчета характеристик жесткости многослойных композитных материалов

Расчетные формулы для определения характеристик жесткости многослойных композиционных материалов основаны на макромеханическом анализе поведения волокнистых композиционных материалов.

Методика расчета основана на следующих допущениях:

- поведение однонаправленного слоя предполагается упругим, а связь между напряжениями и деформациями описывается обобщенным законом Гука.
- многослойный композиционный материал, состоящий из n различно ориентированных однонаправленных слоев, рассматривается как неоднородный монолит, жесткостные свойства которого зависят от свойств и расположения отдельных составляющих слоев.

Характеристики жесткости слоистого композиционного материала

Жесткостные и прочностные характеристики монослоя получают, как правило, экспериментально. При отсутствии экспериментальных данных следует пользоваться значениями из таблиц 4.2, 4.3 и 4.4. Свойства монослоя в главных осях упругости определяются четырьмя независимыми величинами: модулями упругости в направлении вдоль осей E_1 и поперек E_2 волокон, модулем сдвига G в плоскости, параллельной волокнам, и наибольшим коэффициентом Пуассона μ_1 .

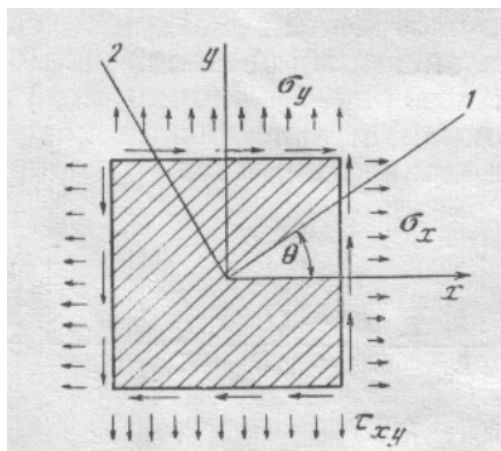


Рисунок А.1 – Системы координат

Характеристики жесткости E_x , E_y , G_{xy} , μ_{xy} , η_x и η_y относительно-произвольной системы координат (x, y) , повернутой относительно главных осей упругости 1 и 2 на угол Θ (рисунок А.1) связаны с характеристиками E_1 , E_2 , G , μ_1 и μ_2 следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{1}{E_x} &= \frac{\cos^4 \Theta}{E_1} + \frac{\sin^4 \Theta}{E_2} + \frac{1}{4} \left(\frac{1}{G} - \frac{2\mu_1}{E_1} \right) \sin^2 2\Theta; \\ \frac{1}{E_y} &= \frac{\sin^4 \Theta}{E_1} + \frac{\cos^4 \Theta}{E_2} + \frac{1}{4} \left(\frac{1}{G} - \frac{2\mu_1}{E_1} \right) \sin^2 2\Theta; \\ \frac{1}{G_{xy}} &= \frac{1}{G} + \left(\frac{1+\mu_1}{E_1} + \frac{1+\mu_2}{E_2} - \frac{1}{G} \right) \sin^2 2\Theta; \\ \mu_{xy} &= E_x \left[\frac{\mu_1}{E_1} + \frac{1}{4} \left(\frac{1+\mu_1}{E_1} + \frac{1+\mu_2}{E_2} - \frac{1}{G} \right) \sin^2 2\Theta \right]; \\ \mu_{yx} &= \mu_{xy} \frac{E_y}{E_x}; \\ \eta_x &= \left[\frac{\cos^2 \Theta}{E_1} - \frac{\sin^2 \Theta}{E_2} - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{G} - \frac{2\mu_1}{E_1} \right) \cos 2\Theta \right] \sin 2\Theta; \\ \eta_y &= \left[\frac{\sin^2 \Theta}{E_1} - \frac{\cos^2 \Theta}{E_2} + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{G} - \frac{2\mu_1}{E_1} \right) \cos 2\Theta \right] \sin 2\Theta. \end{aligned} \quad (A.1)$$

Слоистый композиционный материал рассматривается как анизотропный монолит, однородный в плоскости и неоднородный по толщине, состоящий из n однонаправленных слоев с различной ориентацией в них волокон. Связь между внутренними усилиями и деформациями определяется зависимостью вида:

$$\begin{bmatrix} N_x \\ N_y \\ N_{xy} \\ M_x \\ M_y \\ M_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{ij} & B_{ij} \\ B_{ij} & D_{ij} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \varepsilon_x^0 \\ \varepsilon_y^0 \\ \gamma_{xy}^0 \\ \chi_x \\ \chi_y \\ \chi_{xy} \end{bmatrix}; \quad i, j = 1; 2; 6 \quad (A.2)$$

где N – результирующие усилия, M — моменты, ε^0 и γ^0 – величины деформаций срединной плоскости; χ — значения кривизны.

Коэффициенты A_{ij} и D_{ij} определяют соответственно мембранные и изгибно-крутильные жесткости слоистого композита; коэффициенты B_{ij} устанавливают степень взаимного влияния плоской и изгибно-крутильной деформаций в слоистых композитах

при несимметричном расположении слоев относительно срединной плоскости. Величины A_{ij} , B_{ij} и D_{ij} определяются выражениями:

$$\begin{aligned} A_{ij} &= \sum_{k=1}^n C_{ij}^k (z_{k+1} - z_k); \\ B_{ij} &= \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n C_{ij}^k (z_{k+1}^2 - z_k^2); \\ D_{ij} &= \frac{1}{3} \sum_{k=1}^n C_{ij}^k (z_{k+1}^3 - z_k^3); \end{aligned} \quad (\text{A.3})$$

здесь z_k — расстояние от срединной плоскости многослойного композита до нижней плоскости k -го слоя (рисунок А.2),

C_{ij}^k — упругие характеристики k -го слоя, связанные с техническими постоянными E_x , E_y , G_{xy} , μ_{xy} , η_x и η_y этого слоя зависимостями:

$$\begin{aligned} C_{11} &= \frac{1}{\Delta} \left(\frac{1}{E_y G_{xy}} - \eta_y^2 \right); \quad C_{22} = \frac{1}{\Delta} \left(\frac{1}{E_x G_{xy}} - \eta_x^2 \right); \quad C_{12} = \frac{1}{\Delta} \left(\frac{\mu_{xy}}{E_x G_{xy}} + \eta_x \eta_y \right); \\ C_{16} &= -\frac{1}{\Delta} \left(\frac{\mu_{xy}}{E_x} \eta_y + \frac{\eta_x}{E_y} \right); \quad C_{26} = -\frac{1}{\Delta} \left(\frac{\mu_{yx}}{E_y} \eta_x + \frac{\eta_y}{E_x} \right); \quad C_{66} = \frac{1}{\Delta} \frac{1 - \mu_{xy} \mu_{yx}}{E_x E_y}, \end{aligned} \quad (\text{A.4})$$

где

$$\Delta = \frac{1 - \mu_{xy} \mu_{yx}}{E_x E_y G_{xy}} - \frac{\eta_y}{E_x} (\mu_{xy} \eta_x + \eta_y) - \frac{\eta_x}{E_y} (\mu_{yx} \eta_y + \eta_x).$$

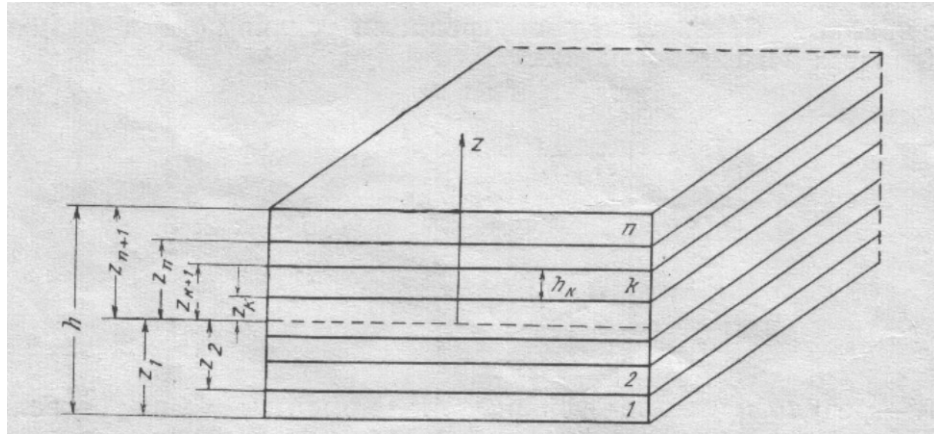


Рисунок А.2 – Координаты слоев

Модули упругости \bar{E}_x , \bar{E}_y , \bar{G}_{xy} , коэффициенты Пуассона $\bar{\mu}_{xy}$ и $\bar{\mu}_{yx}$, а также коэффициентов влияния $\bar{\eta}_x$ и $\bar{\eta}_y$, определяют через упругие характеристики составляющих слоев следующими выражениями:

$$\begin{aligned}\bar{E}_x &= \frac{\bar{\Delta}}{\bar{A}_{22}\bar{A}_{66} - \bar{A}_{26}^2}; \bar{E}_y = \frac{\bar{\Delta}}{\bar{A}_{11}\bar{A}_{66} - \bar{A}_{16}^2}; \bar{G}_{xy} = \frac{\bar{\Delta}}{\bar{A}_{11}\bar{A}_{22} - \bar{A}_{12}^2}; \\ \bar{\mu}_{xy} &= \frac{\bar{A}_{12}\bar{A}_{66} - \bar{A}_{16}\bar{A}_{26}}{\bar{A}_{22}\bar{A}_{66} - \bar{A}_{26}^2}; \bar{\mu}_{yx} = \bar{\mu}_{xy} \frac{\bar{E}_y}{\bar{E}_x}; \\ \bar{\eta}_1 &= \frac{\bar{A}_{12}\bar{A}_{26} - \bar{A}_{16}\bar{A}_{22}}{\bar{\Delta}}; \bar{\eta}_2 = \frac{\bar{A}_{12}\bar{A}_{16} - \bar{A}_{26}\bar{A}_{11}}{\bar{\Delta}},\end{aligned}\tag{A.5}$$

где:

$$\bar{\Delta} = \bar{A}_{11}\bar{A}_{22}\bar{A}_{66} + 2\bar{A}_{12}\bar{A}_{16}\bar{A}_{26} - \left(\bar{A}_{11}\bar{A}_{26}^2 + \bar{A}_{22}\bar{A}_{16}^2 + \bar{A}_{66}\bar{A}_{12}^2\right);$$

$$\bar{A}_{ij} = A_{ij} / h.$$

В частном случае продольно-поперечной ориентации слоев (0—90°), когда суммарные толщины слоев с ориентацией 0 и 90° равны, выражения (A.5) преобразуются к виду:

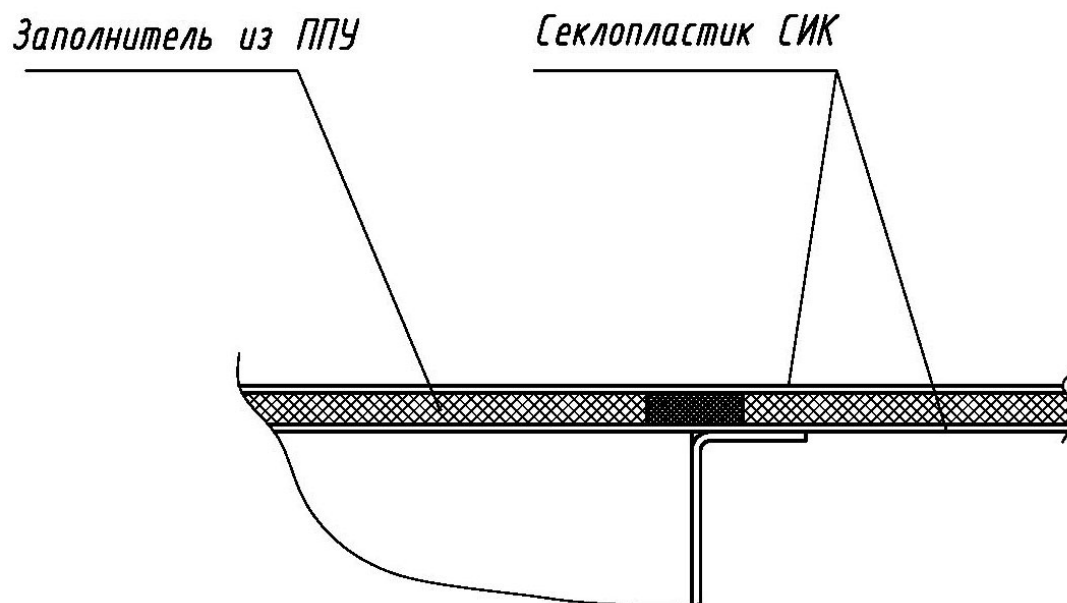
$$\begin{aligned}\bar{E}_x = \bar{E}_y &= \left(1 - \bar{\mu}_{xy}^2\right) \frac{E_1 + E_2}{2(1 - \mu_1\mu_2)}; \\ \bar{G}_{xy} &= G; \\ \bar{\mu}_{xy} = \bar{\mu}_{yx} &= \frac{2\mu_1 E_2}{E_1 + E_2}.\end{aligned}\tag{A.6}$$

Для композитов с перекрестным армированием под углом ±45° при одинаковых толщинах слоев обобщенные характеристики жесткости также выражаются через жесткостные параметры слоя:

$$\begin{aligned}\bar{E}_x = \bar{E}_y &= \left(1 - \bar{\mu}_{xy}^2\right) \left[\frac{E_1 + E_2(1 + 2\mu_1)}{4(1 - \mu_1\mu_2)} + G \right]; \\ \bar{G}_{xy} &= \frac{E_1 + E_2(1 - 2\mu_1)}{4(1 - \mu_1\mu_2)}; \\ \bar{\mu}_{xy} &= \frac{E_1 + E_2(1 + 2\mu_1) - 4G(1 - \mu_1\mu_2)}{E_1 + E_2(1 + 2\mu_1) + 4G(1 - \mu_1\mu_2)}.\end{aligned}\tag{A.7}$$

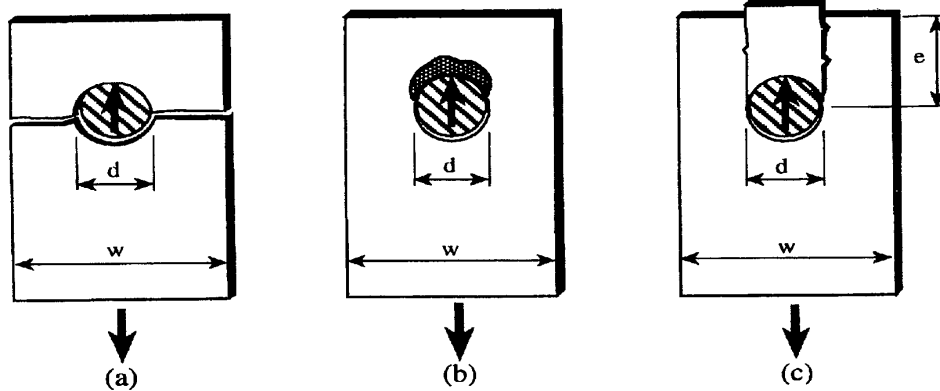
Приложение Б
(рекомендуемое)

Схема настила



Приложение В
(обязательное)

Схемы разрушения стеклопластика



Приложение Г
(обязательное)

**Основные и вспомогательные материалы, оборудование и инструменты,
применяемые при изготовлении мостовых конструкций**

Перечень используемого оборудования, приспособлений и инструментов представлен в таблице Г.1.

Таблица Г.1

| № п/п | Оборудование | Характеристика | Назначение |
|---|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Основное оборудование и оснастка | | | |
| 1. | Форма | Материал-стеклопластик | Изготовление элементов моста |
| 2. | Раскройный стол | Размер: L=2м; B=1м; H=0,8м. На одном торце стола должно быть приспособление для размотки ткани | Для раскроя стеклонеполнителя |
| 3. | Машинка отрезная (болгарка) | 0...1500 об/мин | Обрезка технологических припусков |
| 4. | Распылитель пневматический серии G 100 | с мерными стаканами в комплекте | Нанесение гелькоута, окраска поверхностей |
| 5. | Безмасляный вакуумный насос Busch | Серия Seco SV 1025. Номинальная быстрота действия (м ³ /час) – 25; Предельное давление, мбар – 150. Мощность двигателя – 0,9 кВт. | Изготовление элементов моста методом инфузии |
| 6. | Безмасляный вакуумный насос Plastech T.T. | Серия T.T. Номинальная быстрота действия (м ³ /час) – 25 (40); Предельное давление, мбар – 150 (150). Мощность двигателя – 0,8 (1,3) кВт. | Изготовление элементов моста методом инфузии |
| 7. | Резервуар вакуумный RB 451 | - | Ловушка для связующего |
| 8. | OF 625 V | - | Полоса подачи связующего |
| 9. | Отрезной станок | - | Распил пенополиуретановых панелей, изготовление мембран |
| 10. | Термопечь | T= +10...+200 °C | Термообработка элементов |
| 11. | Пневмодрель со спиральной насадкой | 0...1500 об/мин | Приготовление связующего |
| 12. | Plastech Sprinter SSB | - | Приготовление связующего |
| 13. | Glas Craft Slave Pump Spartan | - | Приготовление связующего |

СТО 11567537.01-2008

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|--|--|
| 14. | STEINEL 5000 | Термоклеевой пистолет для склейки стеклонаполнителей | Склеивание стеклонаполнителей |
| Контрольно-измерительные приборы | | | |
| 15. | Термометр бытовой | ГОСТ 28498-90 | Измерение температуры воздуха |
| 16. | Гигрометр психрометрический типа ВТИ-1 или ВИТ-2 | ТУ 2511.1645-84 | Контроль влажности воздуха в помещении |
| 17. | Весы | От 0 до 15 кг. Точность взвешивания до 10 г. | Взвешивание компонентов связующего |
| 18. | Измерительная рулетка металлическая | ГОСТ 7502-89 | Контроль длины раскроя стеклонаполнителя |
| 19. | Линейка металлическая плоская 1,0 м | ГОСТ 427-75 | Контроль длины раскроя стеклонаполнителя |
| 20. | Штангенциркуль или толщиномер индикаторного типа, 0-10 мм | - | Контроль толщины |
| 21. | Набор шаблонов | - | Контроль элементов моста |
| Инструмент технологический | | | |
| 22. | Деревянный скребок | Длина ~ 1,5 м. | Нанесение воска |
| 23. | Валик малярный на длинной ручке | - | Нанесение связующего |
| 24. | Ножницы | - | Раскрой стеклонаполнителя |
| 25. | Нож | - | Раскрой стеклонаполнителя |
| 26. | Прикаточный валик | - | Прикатка пропитанной стеклоткани |
| 27. | Киянка | - | Служит для отделения изделия от формы |
| 28. | Клинья стеклопластиковые или деревянные | - | Служит для отделения изделия от формы |

ПРИМЕЧАНИЕ:

- Допускается применение другого оборудования и инструмента, технические характеристики которого не ниже технических характеристик указанного оборудования и инструмента.
- Допускается изменение размеров шаблонов при изготовлении первой детали.
Перечень основных и вспомогательных материалов приведен в таблице Г.2.

Таблица Г.2

| № п/п | Наименование | Нормативный документ | Назначение |
|--------------------|--|-------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Основные материалы | | | |
| 1. | Квазиизотропный стеклонаполнитель (Quadratic axial fabrics) EQX 1400 с поверхностной плотностью 1440 г/м ² | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление стеклопластика |
| 2. | Однонаправленный стеклонаполнитель (unidirectional fabrics) 90°(55%), 0°(15%), + 45°(15%), -45°(15%) с поверхностной плотностью 960 г/м ² | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление стеклопластика |
| 3. | Биаксиальный стеклонаполнитель EBX 800 | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление стеклопластика |
| 4. | Бальза | Сертификат фирмы изготовителя | Заполнитель конструкции |
| 5. | Пенополиуретановые панели ATLAS 100 (lightweight polyurethane foam panel). Размер панелей 1,15x2,20 м, толщина панели – 25 мм. | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление трехслойной панели настила |
| 6. | Блочный пенополиуретан (polyurethane foam) Corafoam TP 33 (polyurethane foam). Размер блоков – максимально возможный. | Сертификат фирмы изготовителя | Заполнитель конструкции |
| 7. | Смола винилэфирная Atlas E-pova MA 6215 | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом инфузии |
| 8. | Смола винилэфирная Atlas АСТ-430 | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом контактного формования |
| 9. | Peroxide №11 (Norpol) | Сертификат фирмы изготовителя | Компонент связующего |
| 10. | Аэросил | ГОСТ 14922-77 | Тексотропирующая добавка |
| 11. | Гелькоут Neogel NPG RAL 7035 | Сертификат фирмы изготовителя | Гелькоутное покрытие |
| 12. | Trigonox 249 | Сертификат фирмы изготовителя | Компонент связующего |
| 13. | Butanox M50 или Norpol Peroxide № 1 | Сертификат фирмы изготовителя | Компонент связующего |
| 14. | Гелькоат Noagel ECO 9373-W-9910 | Сертификат фирмы изготовителя | Компонент связующего |
| 15. | Топкоут, аналогичный по характеристиками Noagel ECO 9373-W-9910 | Сертификат фирмы изготовителя | Гелькоутное покрытие |

СТО 11567537.01-2008

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------|--|--|---|
| 14. | Отвердитель для гелькоата и топкоата – в соответствии с рекомендациями DSM | Сертификат фирмы изготовителя | Гелькоутное покрытие |
| 15. | Смола матричная Profile PolyLite 33542-60 | Сертификат фирмы изготовителя | Для изготовления формы |
| 16. | Гелькоат матричный Norpol GM 9000 (черный) или Norpol GM 6014 (зеленый) | Сертификат фирмы изготовителя | Для изготовления формы |
| 17. | Стекломат порошковый M601 или эмульсионный M501 весом 300 г/м ² | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом инфузии |
| 18. | VI Soft Рулон шириной -1,2 м, длиной – 50м | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом инфузии |
| 19. | VACFILM200G380 LTX VACFILM200G399GSC | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом инфузии |
| 20. | LTS 90 B | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом инфузии |
| 21. | A100PS Рулон шириной -1,52 м, длиной – 100 м | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом инфузии |
| 22. | FF 05 AP | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом инфузии |
| 23. | LETAPE 2 | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом инфузии |
| 24. | TAC-STRIP шириной 5,04 см | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом инфузии |
| 25. | «metal springs» 15 external diameter, 1,5 mm thread, 8 mm pitch | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом инфузии |
| 26. | 9x14 mm clear PVC hose | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом инфузии |
| 27. | 10 mm T-connectors | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом инфузии |
| 28. | 20x24 mm fibre reinforced PVC hose | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом инфузии |
| 29. | OF 625 V | Сертификат фирмы изготовителя | Изготовление фрагментов моста методом инфузии |
| Вспомогательные материалы | | | |
| 1. | VI 2 Soft (1 рулон : ширина – 1,2 м; длина – 50 м) | Сертификат фирмы Aerovac Systems LTD Ben Denham | Проводящий слой |
| 2. | VACFILM200G380 LTX или VACFILM400Y380 LTX | Сертификат фирмы Aerovac Systems LTD Ben Denham- | Вакуумный мешок |
| 3. | VACFILM200G399GSC | Сертификат фирмы Aerovac Systems LTD Ben Denham- | Вакуумный мешок |
| 4. | LTS 90B | Сертификат фирмы изготовителя | Шнуровой герметик |
| 5. | A100PS (1 рулон: ширина – 1,52 м; длина – 100 м). Нейлоновая ткань – плотность 80 г/м ² . | Сертификат фирмы Aerovac Systems LTD Ben Denham- | Внешний жертвенный слой |
| 6. | TAC-STRIP шириной 5,04 см | Сертификат фирмы изготовителя | Клеящая лента |

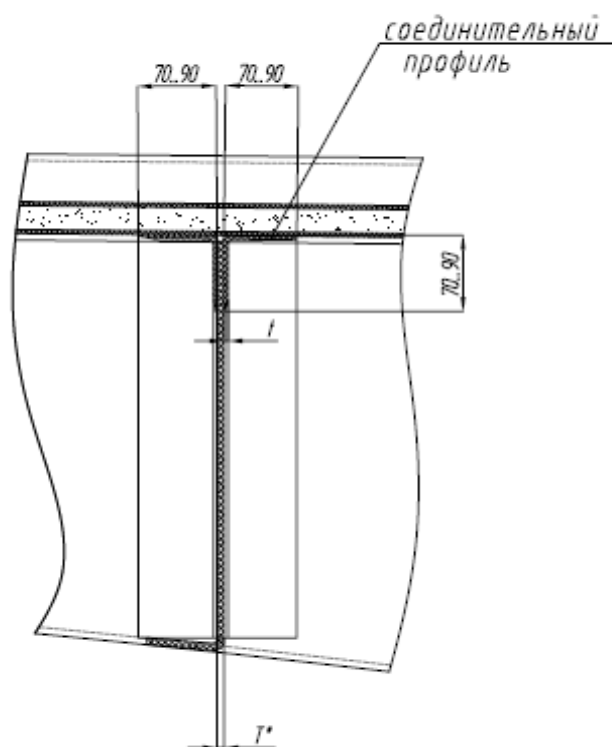
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|--|----------------------------------|--|
| 7. | Трубка ПЭ Ø 12/108 ” INFUSIONYOSE 12 | Сертификат фирмы изготовителя | Подвод и отвод связующего |
| 8. | Трубка ПЭ спиральная Ø 12/10 INFUSIONYOSE 12 | Сертификат фирмы изготовителя | Разводка связующего |
| 9. | Трубка ПЭ спиральная Ø 16/12 INFUSIONYOSE 16 | Сертификат фирмы изготовителя | Разводка связующего |
| 10. | Т-образный фитинг Ø 10” ES10VPERATRANS | Сертификат фирмы изготовителя | Соединение трубок |
| 11. | FF 05 AP | Сертификат фирмы изготовителя | Пленка для обклейки мастер-модели |
| 12. | LETAPE 2 | Сертификат фирмы изготовителя | Склеивающая лента для FF 05 AP |
| 13. | OF 625V | Сертификат фирмы изготовителя | Полоса подачи связующего |
| 14. | Антиадгезионная смазка X- TEND 818, X-TEND 19 CAM; Frecote Wolo или любой аналог жидкой полупостоянной смазки | Сертификат фирмы изготовителя | Разделитель для форм |
| 15. | Клей-расплав (для стержня Ø 11 мм.) | Сертификат фирмы изготовителя | Стержневой клей-расплав для термоклеевого пистолета на основе EWA |
| 16. | Клей-спрей Fensol 60 | Сертификат фирмы изготовителя | Для фиксации стеклоткани на вертикальной поверхности при наборе пакета |
| 17. | Клей-спрей Sound Quest SA 185 | Сертификат фирмы изготовителя | Для фиксации стеклоткани на вертикальной поверхности при наборе пакета |
| 18. | VMC 160A | Сертификат фирмы изготовителя | Лента шириной 160 мм, предотвращающая всасывание связующего в вакуумную линию (на основе поликарбоната). |
| 19. | Перчатки резиновые | ГОСТ 20010 | Защита рук |
| 20. | Респиратор | ГОСТ 12.4.028 | Защита органов дыхания |
| 21. | Х/б салфетки | ГОСТ 11680 | Протирка профиля |
| 22. | Ветошь | ТУ 63-178-77-82 | Протирка оборудования |
| 23. | Защитные очки | ГОСТ 13077 | Защита глаз |
| 24. | Перчатки х/б | ГОСТ 5007 | Защита рук |
| 25. | Шкурка шлифовальная №№ 400, 800, 1000, 1200, 1500, 2000 | Сертификат фирмы”Mirka” | Шлифование деталей и форм |

ПРИМЕЧАНИЕ: Допускается применение других вспомогательных материалов, обеспечивающих необходимые технологические свойства.

Приложение Д
(рекомендуемое)

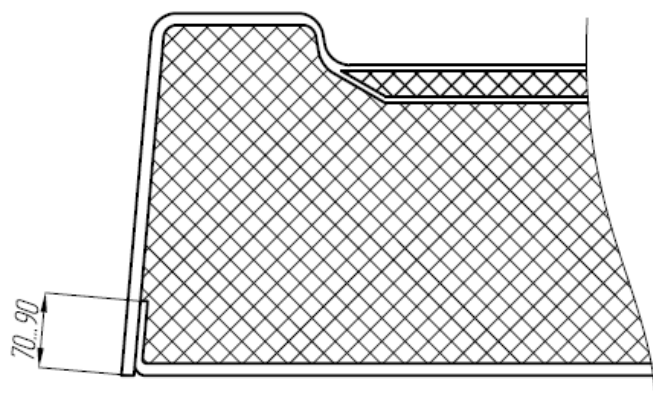
Типовые элементы из стеклопластика

Типовое сечение соединения ребер



Типовое соединение стенок

*Типовое сечение соединения
вертикальных и горизонтальных стенок*



*Типовое болтовое
соединение*

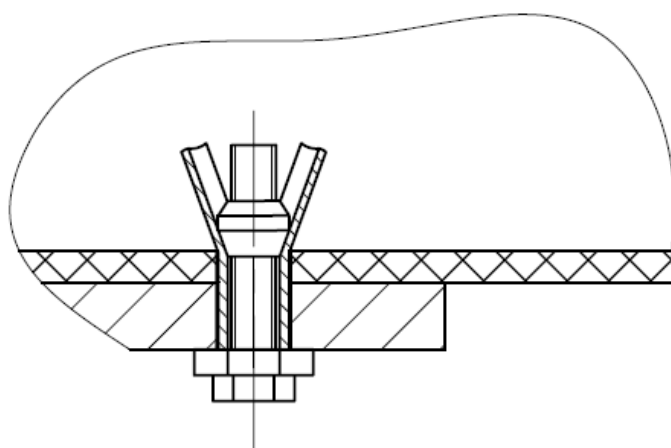
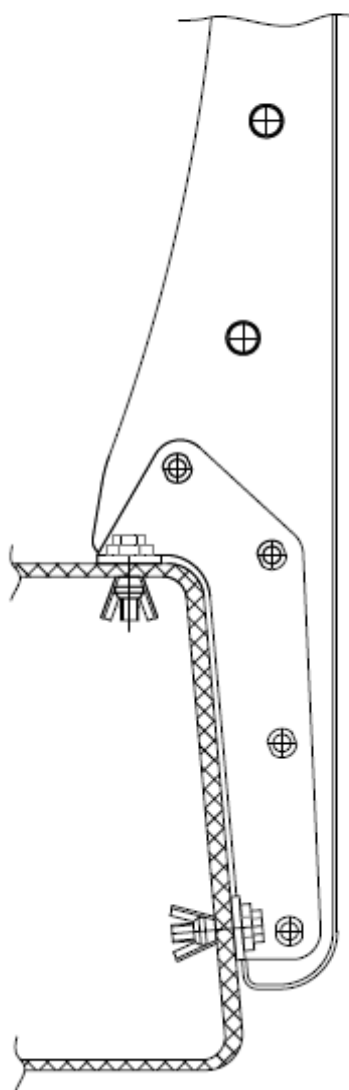
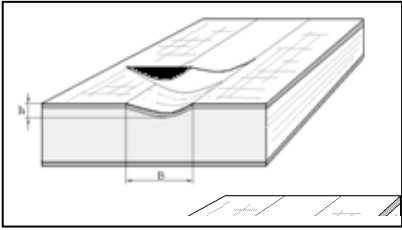
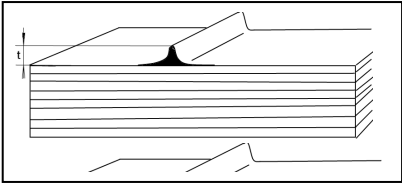
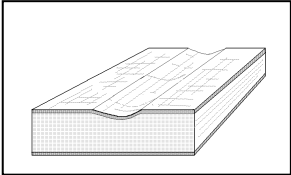


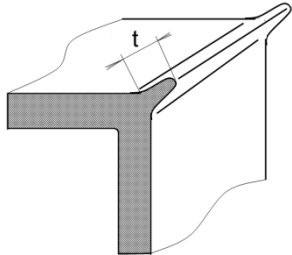
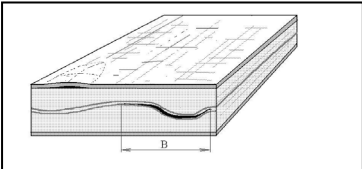
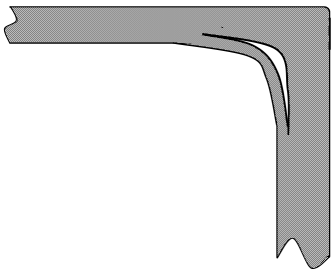
Схема соединения перильных ограждений

*Типовое соединение
перильных ограждений*



Приложение Е
(обязательное)
Производственные дефекты

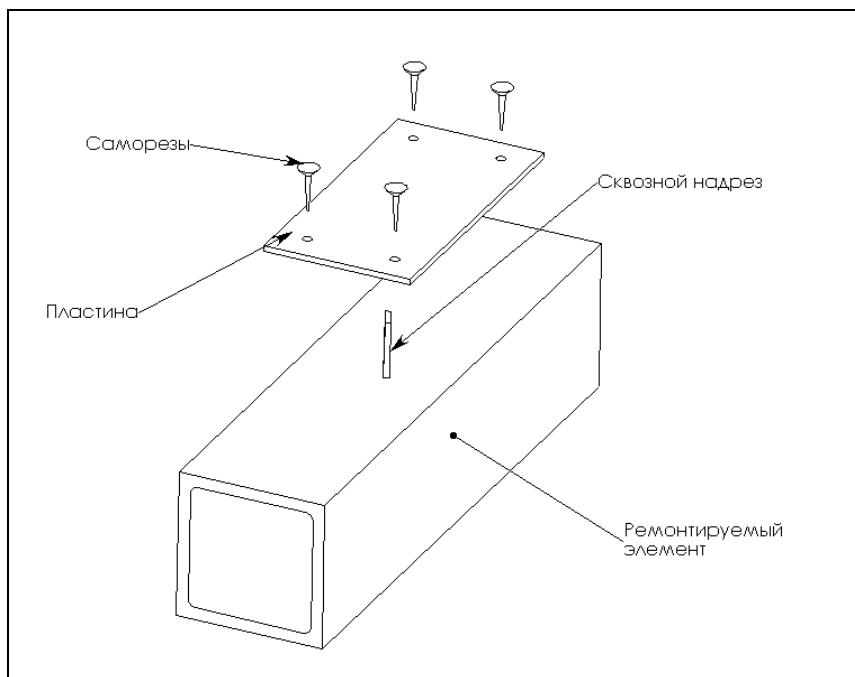
| Виды дефектов | Возможная причина появления | Опасность дефекта |
|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Е.1. Дефекты поверхности | | |
| Е.1.1 Задиры | 1. Засорение рабочей поверхности формы 2. Механическое повреждение рабочей поверхности формы 3. Износ покрытия рабочей поверхности формы 4. Некачественное нанесение разделительной смазки на форму 5. Механическое повреждение при съеме изделия с формы | Ухудшение внешнего вида |
| Е.1.2 Царапины | 1. Механическое повреждение рабочей поверхности формы 2. Износ покрытия рабочей поверхности формы 3. Механическое повреждение при съеме изделия с формы | Ухудшение внешнего вида |
| Е.1.3 Осмоление  $B=0-20 \text{ мм } h=0-2 \text{ мм}$  $T=0-4 \text{ мм}$ | 1. След складки вакуумного мешка 2. Складки армирующего наполнителя | Уменьшение рабочего сечения элемента в зоне осмоления на толщину осмоления. Возможно выкрашивание осмоления. Ухудшение внешнего вида |
| Е.1.4 вмятины на поверхности  $B=0-20 \text{ мм } h=0-2 \text{ мм}$ | След от вакуумных трубок и дренажных слоев | Уменьшение рабочего сечения стенки в зоне осмоления на толщину смоления. Ухудшение внешнего вида |

| 1 | 2 | 3 |
|--|--|--|
| <p>Е.1.5 Складки</p>  <p>T=15 мм</p> | <p>Складка армирующего наполнителя в процессе уплотнения армирующего наполнителя на внешних углах</p> | <p>Ухудшение внешнего вида Возможно снижение несущей способности</p> |
| <p>Е.2 Дефекты структуры</p> | | |
| <p>Е.2.1 Белесые пятна на поверхности пластика различной формы, возможна неровность на поверхности</p> | <p>Повышенная местная пористость в связующем</p> | <p>Снижение механических характеристик Допустим по решению</p> |
| <p>Е.2.2 Складки внешних слоев ткани, мата</p> | <p>Дефекты поверхности Е.1.3 и Е.1.5</p> | <p>По Е.1.2 и Е.1.3</p> |
| <p>Е.2.3 Расслоения внутренних или внешних слоевслоев</p>  <p>Е.2.4 Расслоения внутренних или внешних слоевслоев стеклонаполнителя во внутренних углах</p>  <p>B = 0-200 мм</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Недопропитка внутренних слоев ткани 2. Сильное натяжение стеклоткани или вакуумного мешка в углах 3. Низкая реакционная способность связующего 4. Загрязнение стекло наполнителя перед формированием изделия | <p>Допустим по решению вне зон соединений</p> |
| <p>Е.2.5 Недопропитка стекло тканых наполнителей</p> | <p>Связующее с большой вязкостью с превышенным сроком хранения</p> | <p>Снижение механических характеристик Допустим по решению</p> |

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|--|
| Е.3 Описание возможных повреждений элементов конструкции, подлежащих ремонту | | |
| <p>Е.3.1 Повреждение лакокрасочного покрытия элементов:</p> <p>Е.3.1.1 Задиры, царапины</p> <p>Е.3.1.2 Расслоение лакокрасочного покрытия</p> | <p>1. Механическое воздействие</p> <p>2. Нарушение технологического процесса подготовки поверхности под окраску</p> <p>3. Несоблюдение времени сушки праймера</p> | |
| <p>Е.3.2 повреждение износостойкого покрытия:</p> <p>Е.3.2.1 Сколы, забоины</p> <p>Е.3.2.2 отслоение покрытия</p> | <p>1. Механическое воздействие</p> <p>2. Нарушение технологического процесса подготовки поверхности под окраску</p> <p>3. Несоблюдение времени сушки праймера</p> | |
| <p>Е.3.3 Несквозные сколы, забоины, вмятины на поверхности основных конструктивных элементах</p> | <p>1. Механическое воздействие</p> <p>2. Неправильная транспортировка и хранение элементов</p> | <p>Глубина повреждений не должна превышать 2 мм, но не более 12% от толщины элемента. Расстояние между соседними повреждениями не менее 1-го максимального размера поперечного сечения</p> |

Приложение Ж
(рекомендуемое)

Схема ремонта элементов конструкций моста



Приложение И
(обязательное)

Характеристика материалов и продуктов по степени опасности
действия на организм человека

| Наименование материала и продукта | Выделяющиеся вредные вещества | Характеристика по ГОСТ 12.1.005 | | Действие на организм | Технологическая операция | Наименование оборудования | Требования безопасности и требования к контролю за содержанием в воздухе рабочей зоны вредных веществ по ГОСТ 12.1.007 |
|---|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--|-----------------------------|------------------------------|--|
| | | Класс опасности | ПДК мг/м ³ | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Компоненты связующего и гелевого покрытия | Стирол | 3 | 30 | <p>Стирол оказывает влияние на нервную систему и органы кроветворения. Пары стирола раздражают слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаз.</p> <p>Пары толуола в высоких концентрациях действуют наркотически, оказывают раздражающее действие на кожу. При длительном воздействии толуол вызывает раздражение слизистых оболочек глаз, верхних дыхательных путей, головокружение, рвоту, потерю аппетита.</p> <p>Пары метилметакрилата обладают наркотическими и общетоксическими действиями, вызывают раздражение слизистых оболочек.</p> | Изготовление стеклопластика | Вакуумный насос, распылитель | Местная и общеветровая вентиляция. Определение эпихлоргидрина в воздухе производственных помещений производится 1-2 раза в год по методологии, указанной в ГОСТ 1706 |
| | Толуол | 4 | 50 | | | | |
| | Метилметакрилат | 3 | 20 | | | | |
| | Метилтилкетон | 4 | 45 | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------|------------------|----|-----|--|-----------------------------|---|---|
| Нефрас С2-80/120 | Нефрас С2-80/120 | IV | 300 | Малотоксичен, действует на нервную систему | Подготовка поверхности | - | Общая приточно-вытяжная вентиляция и местные отсасывающие устройства |
| Ацетон | Ацетон | IV | 200 | Обладает наркотическим действием. При продолжительном вдыхании паров ацетона накапливается в организме, может всасываться через неповрежденную кожу. Отравление ацетоном возможно при вдыхании паров в концентрациях, превышающих ПДК. | | | Общая приточно-вытяжная вентиляция и местные отсасывающие устройства. |
| Стекло наполнители | Стеклопыль | IV | 2 | Раздражающе действует на слизистые оболочки дыхательных путей и кожных покровов, вызывает зуд кожи. | Изготовление стеклопластика | - | Общая приточно-вытяжная вентиляция и местные отсасывающие устройства. |

Приложение К
(обязательное)

Методика испытаний

Определение прочности элемента из композиционного материала при скалывании

К.1 Область применения

Данная методика регламентирует проведение типовых, приёмочных и приёмосдаточных испытаний на прочность и сопротивление деформации одноболтового двухсрезного соединения композитной пластины, вырезанной из стеклопластика для мостовых конструкций, с двумя металлическими пластинами в условиях одноосного растяжения.

К.2 Объект испытания

Объектами испытания являются образцы проушины из опытного и серийно выпускаемого стеклопластика, предназначенного для изготовления мостовых конструкций.

Для проведения типовых и приёмочных испытаний из листа стеклопластика изготавливают 5 образцов в направлении с максимальным содержанием наполнителя и 5 образцов в поперечном направлении. Отбор материала осуществляется ответственным представителем службы технического контроля предприятия-изготовителя или Заказчиком данной продукции. На проведение соответствующих испытаний образцов оформляется предъявительская записка.

Образцы для испытаний вырезают с помощью электромеханической пилы или фрезерного станка при охлаждении режущего инструмента водой с расходом ≥ 1 л/мин (в зависимости от скорости резания). Режимы резания необходимо подобрать такими, чтобы при выходе инструмента из реза на образце не образовывались рваные кромки, а также не происходило отслаивания периферийных слоёв композита и его нагрева до температуры, превышающей температуру стеклования материала более чем на 28°C .

К.3 Определяемые характеристики

В процессе испытаний записывается диаграмма деформирования «нагрузка – ход поршня силового цилиндра», на основании которой определяются:

- предельные контактные напряжения смятия $\sigma_{см} = P_c / (t \cdot d)$ (для поперечного направления) и напряжения скалывания $\tau_{ск} = P_c / (2 \cdot t \cdot C)$ (для продольного направления) при разрушении образца (P_c – разрушающая нагрузка, t –

толщина образца, d – диаметр болта, C – расстояние от оси отверстия до торцевой кромки образца, рисунок К.1);

– вид разрушения.

К.4 Образец для испытаний

Для испытания применяют плоские образцы, форма и размеры которых показаны на рисунке К.1 и в таблице К.1.

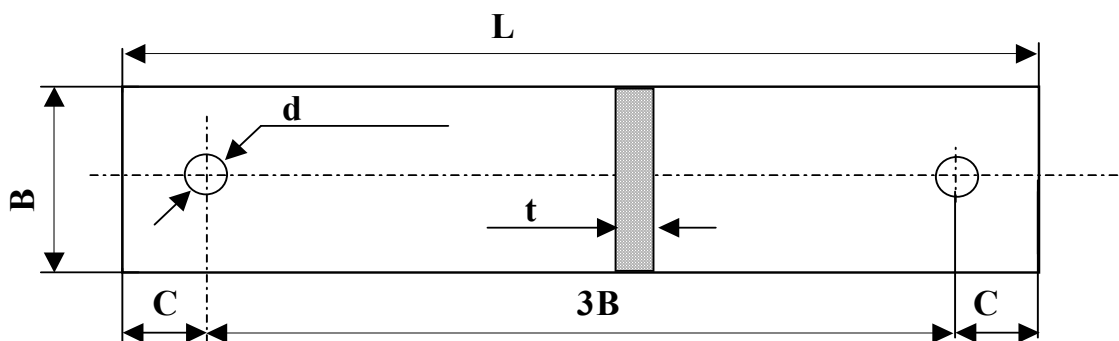


Рисунок К.1

Т а б л и ц а К.1

| L , мм | B , мм | 0° | | 90° | |
|----------|-------------|---------------|--------|---------------|--------|
| | | C , мм | кол-во | C , мм | кол-во |
| $3B+2C$ | $6 \cdot d$ | $3.2 \cdot d$ | 5 | $2.2 \cdot d$ | 5 |

К.5 Метод испытаний

Испытание образца проушины, соединённого болтами с двумя стальными вилками, заключается в кратковременном одноосном растяжении с постоянной скоростью перемещения захвата.

К.6 Условия испытаний

Испытание проводят в лабораторном помещении при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и влажности от 40% до 75%. Перед испытаниями образцы в указанных условиях должны находиться не менее 4 часов.

К.7 Испытательное оборудование

Для нагружения можно использовать универсальную электрогидравлическую испытательную машину с гидравлическими захватами «PSA-10» («Шенк» Германия), развивающую усилие 100 кН, или иную испытательную машину с аналогичными возможностями. Силоизмерительная система испытательного оборудования должна позволять контролировать и регистрировать значение прикладываемой нагрузки с точностью до 1% от измеряемой величины.

Двухкоординатный графопостроитель формата А3, должен быть калиброван в единой измерительной системе с датчиком перемещения штока силового цилиндра и механическим индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм (ГОСТ 577).

Измерения геометрических параметров образцов в рабочем сечении следует выполнять микрометром 2-го класса точности и штангенциркулем с ценой деления 0,05 мм.

Всё испытательное оборудование должно быть аттестовано метрологической службой, аккредитованной Комитетом РФ по стандартизации метрологии и сертификации.

Используемые при испытаниях вилки должны иметь конструкцию, исключающую их пластическое деформирование. Болты с классом прочности 10.9 ГОСТ 1759.4 должны иметь диаметр, равный от 90% до 100% от толщины образца проушины.

К.8 Подготовка образцов к испытаниям

Измеряют микрометром и штангенциркулем размеры сечения, диаметр отверстий и расстояния от оси отверстий до торцов образца. Значения размеров записывают в протокол испытаний и рассчитывают по ним площади смятия $F_{см} = t \cdot d$ и сдвига $F_{ск} = 2 \cdot t \cdot C$.

К.9 Порядок проведения испытаний

Образец устанавливают в стальные вилки с гарантированным зазором (без шайб) между проушиной и вилкой 0.5 мм и соединяют болтами. Проводят нагружение с заданной скоростью перемещения, обеспечивающей разрушение образца за 1-2 минуты. Заданная скорость неизменна для всей испытываемой партии образцов. Результатом испытаний являются диаграммы деформирования и соответствующие разрушающие нагрузки P_c .

К.10 Обработка результатов измерений

Рассчитываются предельные контактные напряжения $\sigma_{см}$ и напряжения сдвига $\tau_{ск}$ при разрушении образца по соотношениям

$$\sigma_{см} = P_c / F_{см} ;$$

$$\tau_{ск} = P_c / F_{ск} ;$$

Статистическую обработку результатов испытаний проводят с целью определения среднего и коэффициента вариации с точностью до трех значащих цифр.

К.11 Оформление результатов испытаний

Результаты испытаний оформляют протоколом, примерная форма и содержание которого приведены ниже.

| Адрес | Аттестат аккредитации | Дата получения | Аккредитующая организация |
|-------|-----------------------|----------------|---------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

ПРОТОКОЛ № _____

Испытание на растяжение образцов одноболтового двухсрезного соединения композитной проушины

1. Аппаратура:

Испытательная машина: _____

Регистрирующая аппаратура _____

2. Образцы для испытаний

Количество образцов. _____

Материал (ТУ, завод изготовитель, номер партии), _____

Направление вырезки образцов по отношению к направлению максимального армирования _____

Условия кондиционирования (время, температура, относительная влажность) _____

3. Условия испытаний

Температура _____

Относительная влажность _____

Скорость нагружения _____.

Приложение Л (обязательное)

Методика испытаний

Испытание на межслоевой сдвиг

Л.1 Область применения

Данная методика регламентирует проведение исследовательских, типовых, приёмочных и приёмо-сдаточных испытаний на прочность и сопротивление деформации материала образцов, вырезанных из стеклопластика, предназначенного для изготовления мостовых конструкций, на сопротивление межслоевому сдвигу.

Л.2 Объект испытания

Объектами испытания являются опытные и серийно выпускаемый стеклопластик, предназначенный для изготовления мостовых конструкций. Отбор материала для образцов осуществляет ответственный представитель службы технического контроля предприятия-изготовителя или Заказчиком данной продукции. На проведение соответствующих испытаний отобранных образцов оформляется предьявительская записка.

Л.3 Определяемые характеристики

Временное сопротивление межслоевому сдвигу τ_v – отношение $3/4$ максимальной нагрузки, предшествующей разрушению, P_{max} к начальной площади его поперечного сечения S .

Л.4 Образцы для испытаний

Образцы представляют собой короткую балку в виде прямоугольного параллелепипеда толщиной (высотой) равной толщине изделия T , со слоями композита, располагающимися перпендикулярно толщинному (высотному) направлению измерения образца, а также вектору усилия, прикладываемого к образцу во время его испытания.

Остальные размеры образца кратны его толщине $[T]$:

общая длина образца $L = 5 \cdot [T]$;

рабочая длина образца $L_0 = 4 \cdot [T]$.

Ширина образца W может варьироваться от $[T]$ до $2.5 \cdot [T]$, но при этом она должна быть не меньше 12.5 мм. Отклонения от принятых размеров не должны превышать 1%, а допуски на параллельность и перпендикулярность соответствующих граней образца не должны превышать 0,1 мм (рисунок Л.1).

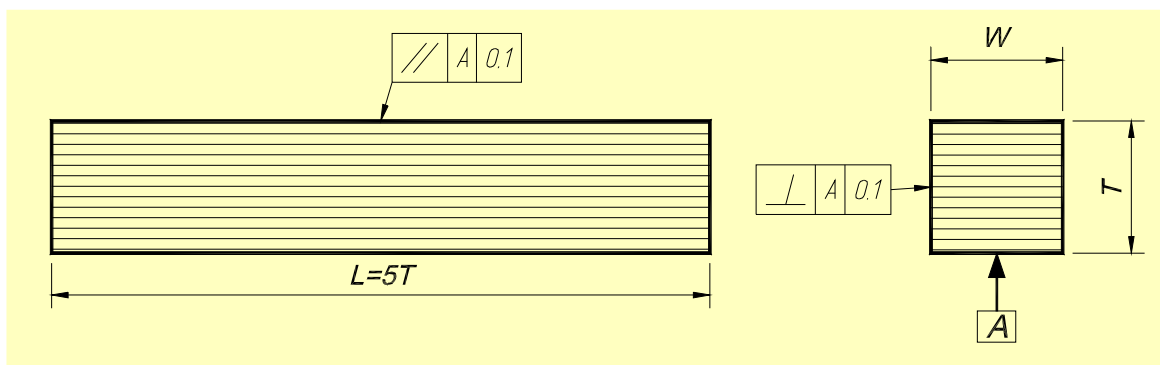


Рисунок Л.1

Образцы должны иметь гладкую наружную поверхность без вздутий, сколов, трещин и других дефектов, заметных невооружённым глазом.

При вырезке образцы необходимо размечать таким образом, чтобы продольная ось образца была параллельна одному из главных направлений ортотропии композитного материала.

Образцы для испытаний на межслоевой сдвиг вырезают с помощью электромеханической пилы или фрезерного станка при охлаждении режущего инструмента водой с расходом не менее 1 л/мин (в зависимости от скорости резания). Режимы резания необходимо подобрать такими, чтобы при выходе инструмента из реза на образце не образовывались рваные кромки, а также не происходило отслаивания периферийных слоёв композита и его нагрева до температуры, превышающей температуру стеклования материала более чем на 28°C.

Л.5 Метод испытания

Испытание заключается в поперечном изгибе образца, как двухопорной балки, в условиях нагружения с постоянной скоростью поперечной силой, приложенной к балке в середине пролёта перпендикулярно плоскости слоёв. Результатом испытания является регистрация максимальной величины данной силы (рисунок Л.2).

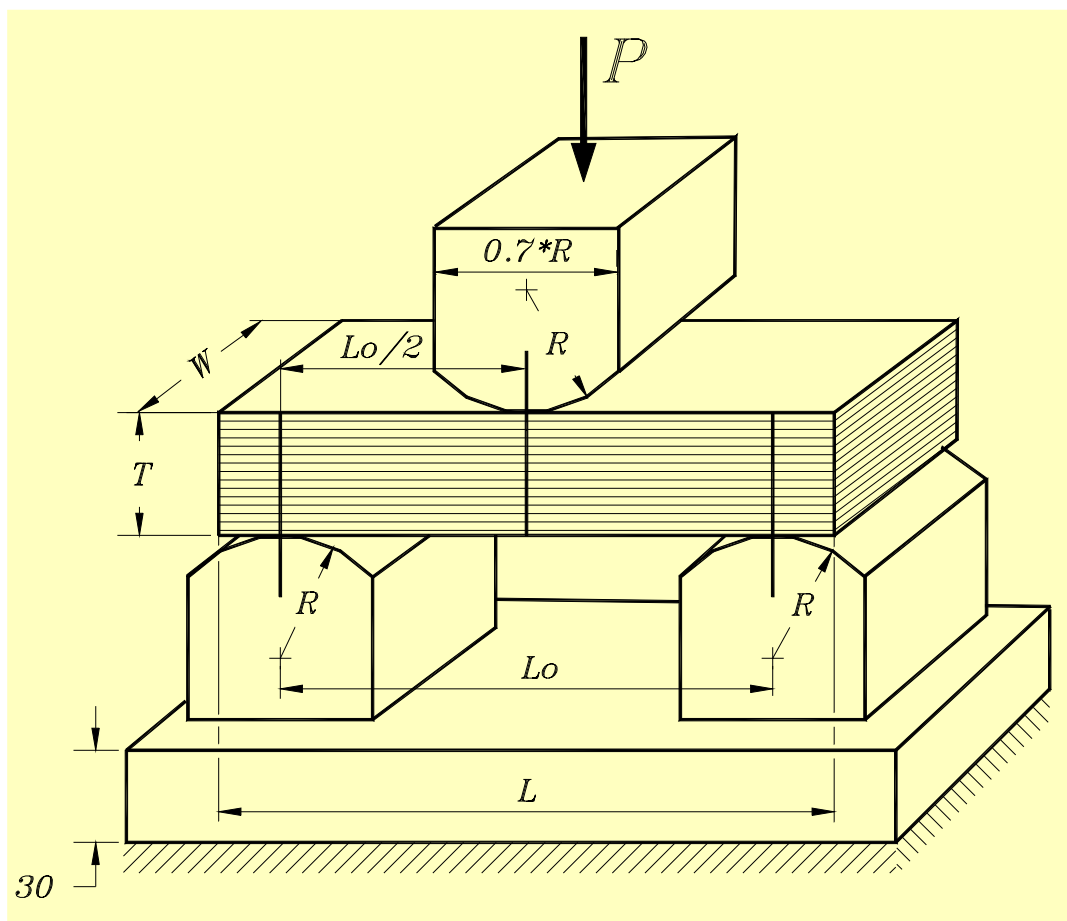


Рисунок Л.2

Л.6 Условия испытаний

Испытание проводят в лабораторных условиях при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и влажности воздуха от 40% до 75%. Перед испытаниями образцы должны находиться в указанных условиях не менее 4 часов.

Л.7 Испытательное оборудование

Испытания проводят на испытательной машине с вертикальным расположением захватов, обеспечивающих сжатие образца с заданной постоянной скоростью. Измерение нагрузки должно производиться с погрешностью 1% от измеряемой величины. Захваты испытательной машины должны быть снабжены двумя плоскопараллельными площадками – гладкими плитами.

При испытании образец опирается на твёрдые (НВ от 350 до 410) цилиндрические опоры (НВ 350÷410). Поперечное усилие на поверхность образца передаётся через стальной цилиндр (ролик).

Для установки и нагружения образцов на испытательной машине применяют приспособление для испытаний на трёхточечный изгиб. Применяемый вариант конструкции такого приспособления показан на рисунке Л.3.

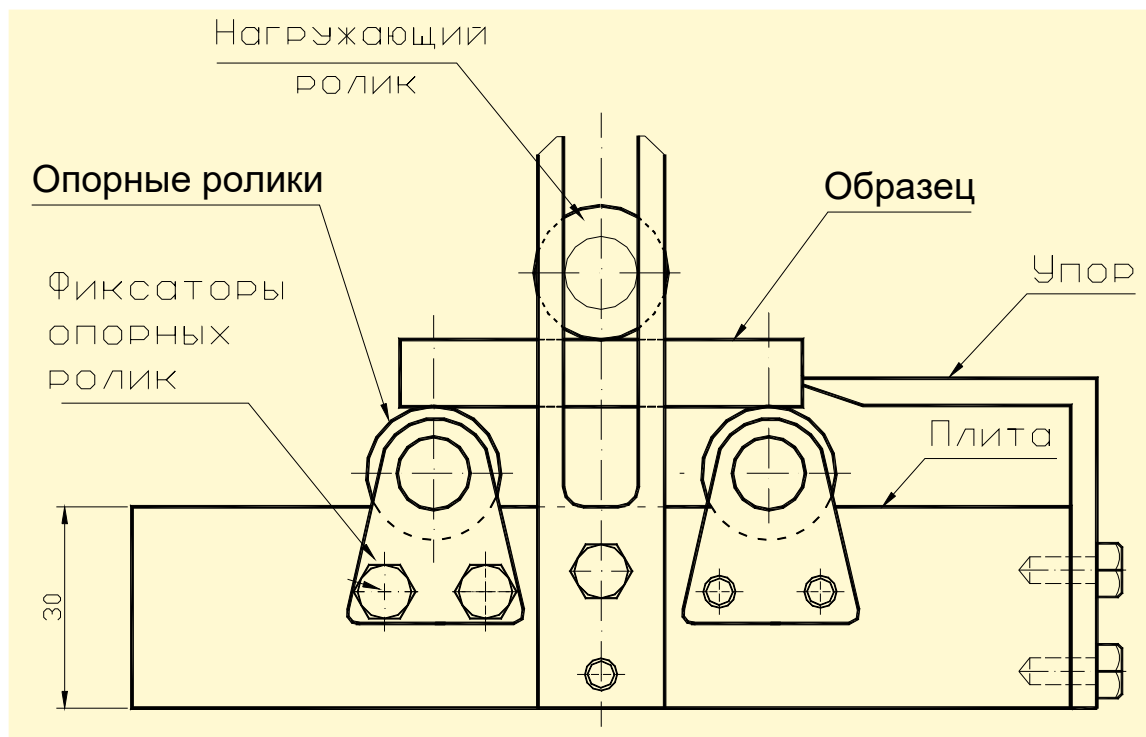


Рисунок Л.3

В данном приспособлении величина пролёта между осями цилиндрических опор L_0 равна рабочей длине образца, ширина опорных и нагружающего роликов - больше или равна ширине образца W , а радиус цилиндрических поверхностей опорных и нагружающего ролика R равен толщине образца $[T]$. Расстояние между цилиндрическими опорами L_0 выбирают из соотношения $L_0/[T]=4$. Симметричное и перпендикулярное (относительно осей роликов) расположение образца в приспособлении обеспечивается наличием упора и его геометрией.

Приборы и инструменты для измерения геометрических размеров образца должны обеспечивать измерение линейных размеров с погрешностью не более 0,05 мм для размеров до 10 мм и не более $\pm 0,1$ мм для размеров свыше 10 мм.

Л.8 Подготовка образцов к испытаниям

Образцы маркируют карандашом или чернилами.

Измеряют микрометром размеры сечения в рабочей зоне в трёх местах: в середине и по краям. Среднее значение толщины T и ширины W образца записывают в протокол испытаний и по ним с точностью до двух значащих цифр после десятичной запятой рассчитывают площадь поперечного сечения образца S .

Л.9 Порядок проведения испытаний

Устанавливают образец в нагружающее приспособление так, чтобы одна из торцевых поверхностей образца касалась упора по всей поверхности контакта.

Подводят к нагружающему ролику плиту верхнего захвата до их соприкосновения.

Последующее сближение плит захватов с должно обеспечить нагружение образца до разрушения за время от 1 до 2 мин. Конкретное установленное значение скорости нагружения регистрируют в протоколе испытаний и поддерживают неизменной для всей испытываемой партии образцов, а также при испытании всех последующих партий однотипных образцов одного и того же материала (направления вырезки).

Для определения временного сопротивления межслоевому сдвигу образец нагружают однократно и записывают наибольшую нагрузку P_{max} , которую он выдержал.

После разрушения каждого образца фиксируют вид его разрушения. Результаты испытаний являются корректными, если единственным источником потери несущей способности испытанного образца является образование одной или нескольких продольных трещин, образующихся от одного или обоих торцов образца. При образовании поперечной трещины в зоне приложения нагрузки оценивание временного сопротивления межслоевому сдвигу не проводится.

Л.10 Обработка результатов испытаний

Временное сопротивление межслоевому сдвигу τ_v , [МПа], определяют по формуле Журавского:

$$\tau_v = \frac{3P_{max}}{4 \cdot W \cdot T},$$

где P_{max} – наибольшая нагрузка, которую выдержал образец, [Н];

W – ширина, [мм];

T – толщина образца, [мм].

Статистическую обработку результатов испытаний проводят в соответствии с требованием СТ СЭВ 876-78. При этом находят среднее значение определяемой характеристики, её стандартное отклонение и коэффициент вариации для испытанной партии образцов. **(Измененная редакция, Изм. №1)**

Л.11 Оформление результатов испытаний

Результаты испытаний оформляют протоколом, примерная форма и содержание которого приведены ниже.

| Адрес | Аттестат аккредитации | Дата получения | Аккредитующая организация |
|-------|-----------------------|----------------|---------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

ПРОТОКОЛ № _____

Испытание на межслоевой сдвиг образцов материала из элементов мостовых конструкций

1. Аппаратура:

Испытательная машина: _____

Измеритель(и) деформаций _____

Регистрирующая аппаратура _____

2. Образцы для испытаний

Количество образцов _____

Материал (ТУ, завод изготовитель, номер партии) _____

Направление вырезки образцов по отношению к направлению максимального армирования _____

Условия кондиционирования (время, температура, относительная влажность) _____

3. Условия испытаний

Температура _____

Относительная влажность _____

Скорость нагружения _____

4. Результаты испытаний:

| Образец № | Толщина T , мм | Ширина W , мм | Разрушающая нагрузка P_{max} , Н | $\tau_g = \frac{3P_{max}}{4 \cdot W \cdot T}$, МПа |
|---------------------------------|------------------|-----------------|------------------------------------|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| n | | | | |
| Среднее значение | | | | $\mu \{ \tau_g \}$ |
| Среднеквадратическое отклонение | | | | $\sigma \{ \tau_g \}$ |
| Коэффициент вариации, % | | | | $\omega \{ \tau_g \}$ |

Приложения

(диаграммы прогиба образцов, фотографии разрушений и др.)

Испытания проводил _____ / _____ /
подпись / расшифровка подписиРезультаты обработал _____ / _____ /
подпись / расшифровка подписи

Библиография

- [1] ТУ 2296-006-9366864-2008
Стеклопластик марки «АпАТЭК-СТИНК»
- [2] СП 131.13330.2020
Строительная кламатология
- [3]
В.В. Васильев. Механика конструкций из композиционных материалов. М.: Машиностроение, 1988
- [4]
В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др. Композиционные материалы: Справочник. Под общей ред. В.В. Васильева и Ю.М. Тарнопольского. М.: Машиностроение, 1990
- [5] ТИ АпАТЭК-02-005-037-2003
Технологическая инструкция «Изготовление и нанесение одежды для мостового настила из стеклопластиковых пултрузионных профилей»
- [6] ТУ 224300-011-39790001-2005
Технические условия «Износостойкое покрытие полиуретановое «АпАТЭК ППУ-АР»
- [7] СП 35.13330.2011
Мосты и трубы Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*
- [8] МГСН 5.02-99
Проектирование городских мостовых сооружений
- [9] СП 43.13330.2012
Сооружения промышленных предприятий Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85
- [10]
Методика «Определение плотности, пористости, содержания связующего в стеклопластике и плотности стеклоткани» (НПП «АпАТЭК»)
- [11] МИ-4.1-2008
Методика «Определение температуры

стеклования полимеров и
композиционных материалов» (ООО
«НТИЦ АпАТЭК-Дубна»)

[12] СНиП 12-04-2002

Безопасность труда в строительстве.
Часть 2. Строительное производство

[13] ВСН 37-84

Инструкция по организации движения и
ограждению мест производства
бетонных работ

[14] СП 112.13330.2011

Пожарная безопасность зданий и
сооружений

(Измененная редакция, Изм. №3)




УДК 624.201:666.189.2:620.17

ОКС 93.040
93.080.30

ОКП 57 7200

Ключевые слова: мост, конструкция, композиционный материал, пропитк под давлением, требования, приемка, контроль, испытания, эксплуатация, безопасность.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| № изм. | Номера листов | | | | Номер документа | Подпись | Дата | Срок введения изменения |
|-----------|--|-------|--------------------|--|--|---|----------|-------------------------------|
| | Измененн ых | Новых | Аннулиро ванных | Замененн ых | | | | |
| 1 | 1,5,9,12,17, 31, 42- 45,52,53,85 | - | - | 1,5,9,12,17, 31, 42- 45,52,53,85 | Изм.1 от 25.05.2019 СТО 39790001.03 |  | 25.05.19 | |
| 2 | 13,14 | - | - | 13,14 | Изм.2 от 15.06.2020 СТО 39790001.03 |  | 15.06.20 | |
| 3 | 2-5,9,12,88 | - | - | 2-5,9,12,88 | Изм.3 от 2023 СТО 39790001.03 |  | 01.09.20 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |