

ИЗМЕНЕНИЕ СП 35.13330.2011 «СНиП 2.05.03–84* Мосты и трубы»

Утвержденное и введено в действие

от

№

Дата введения — 201 — —

Содержание. Наименование раздела 7 изложить в новой редакции:

«Бетонные, железобетонные и фибробетонные конструкции»;

Наименование подраздела «Материалы для бетонных и железобетонных конструкций» изложить в новой редакции:

«Материалы для бетонных, железобетонных и фибробетонных конструкций»;

После наименования подраздела «Арматура» раздела 7 добавить наименование нового подраздела:

«Стальная арматура»;

После наименования подраздела «Расчетные характеристики арматуры» раздела 7 добавить наименования новых подразделов:

«Неметаллическая композитная арматура» и «Фибробетон»;

После наименования подраздела «Гидроизоляция конструкций» раздела 7 добавить наименование нового подраздела:

«Ремонт и усиление железобетонных конструкций с использованием композитных материалов»;

После наименования подраздела «Конструирование» раздела 11 добавить наименование нового раздела 12:

«Конструкции пешеходных мостов из полимерных композитных материалов»;

После наименования приложения 5 добавить наименования новых приложений:

«Приложение 6 (обязательное) Физико-механические параметры композитных конструктивных элементов и методы их определения

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Приложение 7 (рекомендуемое) Механические характеристики полимерных композитных материалов, изготовленных методом пултрузии

Приложение 8 (рекомендуемое) Коэффициенты надежности по материалу

Приложение 9 (рекомендуемое) Модули упругости

Приложение 10 (рекомендуемое) Коэффициенты теплового линейного расширения

Приложение 11 (справочное) Коэффициенты теплопроводности».

Пункт 5.4. Первый абзац дополнить текстом:

«Полимерные композитные конструкции пешеходных мостов и путепроводов следует применять в пролетных строениях, надземных частях опор (на 0,25 м выше уровня горизонта верхних вод), перилах, настилах, лестничных сходах, водоотводных лотках и других вспомогательных устройствах.

Значения температур хрупкости и стеклования полимерных композитных конструкций мостов должны находиться за пределами диапазона экстремальных температур эксплуатации пешеходного моста на величину не менее 30°C.

Рекомендуемые внешние условия, в которых могут эксплуатироваться композитные пешеходные мосты, определяются следующими требованиями: интервал рабочих температур от – 45°C до + 60°C, географические зоны от сухой до влажной (СП 50.13330), географический район с сейсмичностью до 9 баллов, степень агрессивности среды не более, чем «слабоагрессивная»;

Второй абзац. После перечисления «деревянные мосты на путях и дорогах, предназначенных для перевозки горячих грузов (жидкого чугуна, шлака и т.п.)» добавить перечисление:

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

«полимерные композитные конструкции в зонах постоянного увлажнения природными водотоками и механического воздействия льда».

После пункта 5.19 добавить новый пункт 5.19а:

«Несущие конструкции и конструктивные элементы композитных мостов и путепроводов должны быть изготовлены в заводских условиях с применением технологий пултрузии, вакуумной инфузии или другой заводской технологии, которые обеспечивают требования к композитным конструкциям, предъявляемым настоящим Сводом Правил».

Пункт 5.36. В конце первого абзаца заменить ссылку: ГОСТ 27751 на ГОСТ Р 54257;

После первого абзаца добавить новый абзац:

«Расчет конструкций мостов из полимерных композитов, следует проводить в предположении их линейно-упругой работы аналитически или с использованием компьютерных программ с учетом деформаций изгиба и сдвига слоев ламината»;

Третий абзац. Заменить ссылку: ГОСТ 27751 на ГОСТ Р 54257.

Пункт 5.44. Третий абзац, первое предложение изложить в новой редакции:

«Пролетным строениям пешеходных мостов следует задавать строительный подъем, компенсирующий вертикальные деформации пролетного строения от постоянной нагрузки, значения которого должны быть не менее 0,1% длины пролета».

Пункт 5.62 дополнить абзацами:

«Конструкции лестничных сходов пешеходных мостов из композитных материалов должны содержать элементы, обеспечивающие крепление перил, свето - прозрачной галереи и

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

других обустройств, необходимых для обеспечения проектной эксплуатации мостового сооружения.

Стыки секций свето - прозрачного покрытия должны обеспечивать герметичность покрытия с восприятием температурных деформаций и инфильтрации наружного воздуха.

Высота свето - прозрачных галерей над пролетами и лестничными сходами пешеходного моста принимается не менее 2,3 м».

Пункт 5.77 дополнить абзацем:

«Отвод воды с проходной части пешеходного моста из композитных материалов следует предусматривать по лоткам проходной части, затем в навесные лотки через переходную трубу и далее, под мост через вертикальные трубки сброса воды. Крепление подвесных лотков к пролетному строению следует осуществлять с помощью подвесок, в свою очередь, закрепляемых на конструктивных элементах пролетного строения с использованием болтовых соединений».

Пункт 5.78. Третий абзац изложить в новой редакции:

«Водоотводные трубки в балластных корытах железнодорожных мостов следует устраивать из расчета не менее 5 см² сечения трубки на 1 м² площади стока, а на пешеходных мостах – не менее 5 см² сечения трубки на 1 м² площади поверхности проходной части»;

Четвертый абзац, первое предложение изложить в новой редакции:

«Расстояния между дренажными трубками на проезжей части автодорожных, городских и пешеходных мостов должны составлять вдоль пролета не более 6 м при продольном уклоне до 5 ‰ и 12 м - при уклонах от 5 до 10 ‰».

Раздел 7. Наименование изложить в новой редакции:

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

«Бетонные, железобетонные и фибробетонные конструкции».

Подраздел «Материалы для бетонных и железобетонных конструкций» (после пункта 7.17). Наименование изложить в новой редакции:

«Материалы для бетонных, железобетонных и фибробетонных конструкций».

Пункт 7.23. Заменить ссылку: ГОСТ 10060.0 на ГОСТ 10060.

После наименования подраздела «Арматура» (после пункта 7.32) добавить наименование нового подраздела:

«Стальная арматура».

После пункта 7.48 добавить два новых подраздела:

«Неметаллическая композитная арматура

7.48а Для армирования элементов конструкций мостовых сооружений может быть использована неметаллическая композитная арматура периодического профиля, выполненную из стеклянных или базальтовых волокон, изготавливаемая методом безфильтровой протяжки «пултрузии» со спиральным периодическим профилем.

Композитную арматуру изготавливают в виде мерных стержней длиной до 12 м с шагом длины 0,5 м, диаметром от 4 до 22 мм с шагом диаметра 2 мм, а также диаметром 25, 28, 32 мм. Предельные отклонения по длине мерных стержней должны соответствовать ГОСТ 31938 (таблица 2).

Допускается изготовление стержней других диаметров и другой длины при условии соответствия требованиям ГОСТ 31938.

Физико-механические характеристики композитной арматуры принимают по ГОСТ 31938. Если в документах изготовителя приведены более высокие значения предела прочности и модуля упругости, то следует руководствоваться требованиями документации изготовителя.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Бетон для мостовых конструкций, изготавливаемых с использованием неметаллической композитной арматуры периодического профиля должен соответствовать требованиям 7.19-7.23.

Совместность работы бетоно-матрицы и композитной арматуры обеспечивается за счет сцепления бетона со стержнями периодического профиля по их поверхностям и усиления сцепления за счет рифленой поверхности, созданной в процессе формирования стержней.

Композитная арматура периодического профиля в пролетных строениях мостов применяется, в основном, в качестве конструктивной арматуры, поддерживающей рабочую стальную арматуру, принятую по расчету. При этом толщина защитного слоя должна быть не менее 20 мм.

В подферменниках опор композитная арматура устанавливается под опорными частями в качестве распределительной арматуры в объеме пропорционально несущей способности заменяемой стальной арматуры [23, таблица 6].

В опорах мостов композитную арматуру применяют в качестве армирования сборной или монолитной облицовки опор, что позволяет улучшить коррозионную стойкость опор.

Неметаллическая композитная арматура может применяться как в виде отдельных стержней, так и в виде плоских сеток.

Сетки изготавливают с перевязкой мест пересечения стержней синтетической ниткой с последующей пропиткой эпоксидной смолой и отверждением эпоксидной смолы. Допускается перевязка мест пересечения стержней мягкой арматурной нержавеющей проволокой.

При укладке арматуры в форму проектная толщина защитного слоя обеспечивается установкой фиксаторов из цементно-песчаного

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

раствора или из теплостойких и щелочестойких полимерных материалов, например, полиэтилена (рисунок 7.1а).

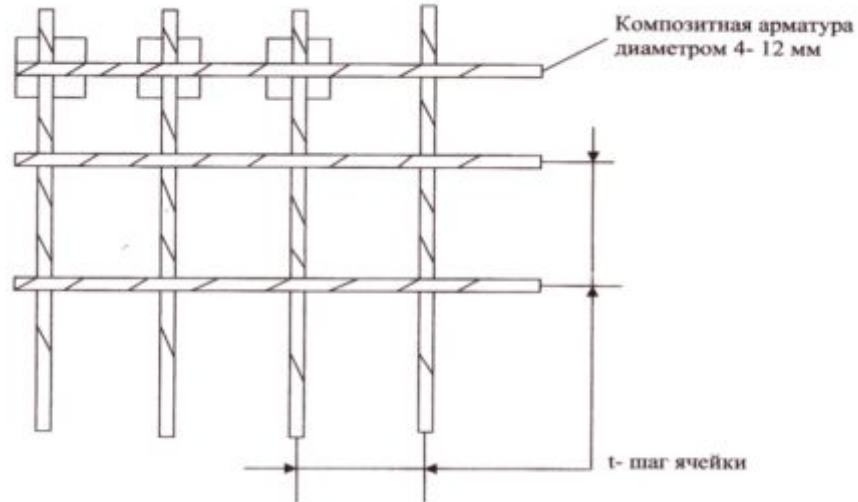


Рисунок 7.1а – Схема крепления сеток из композитной арматуры фиксаторами

Толщина защитного слоя изделий с композитной арматурой назначается из условия обеспечения коррозионной стойкости бетона и рабочей арматуры. При проектировании комбинированных конструкций с неметаллической арматурой толщина защитного слоя назначается не менее 20 мм.

Неметаллическую композитную арматуру можно применять для косвенного армирования плоскими сетками несущих и ограждающих конструкций мостов, таких как:

- шкафные стенки устоев;
- диванные блоки (у устоев диванного блока);
- лестничные марши сходов мостов;
- водоотводные лотки;
- плиты мощения конусов мостовых сооружений;
- тротуарные блоки.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Композитная арматура может применяться для сооружения покрытий проезжей части пролетных строений мостов путем использования бетонных плит покрытия проезжей части с полной заменой металлической арматуры на композитную с изменением размера ячейки пропорционально несущей способности по [23] (рисунок 7.1 б).

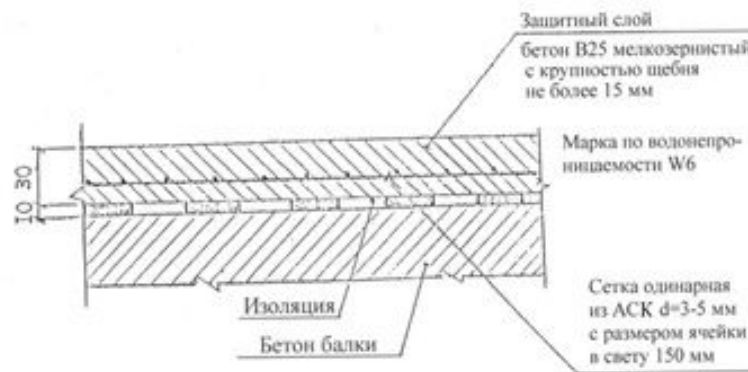


Рисунок 7.1б – Конструкция защитного слоя бетона проезжей части с использованием композитной арматуры

Стеклокомпозитную арматуру, следует использовать в элементах мостовых конструкций, которые имеют невысокую вероятность постоянного соприкосновения с водой, например, в следующих конструкциях таких как:

- шкафные стенки устоев;
- плиты мощения конусов мостов;
- лестничные марши сходов мостов;
- армирующая сетка защитного слоя бетона проезжей части

(рисунок 7.1б).

Базальтовую арматуру следует применять в конструктивных элементах подвергающихся интенсивному воздействию воды таких как:

- монолитные продольные стыки объединения балок;

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

- зоны омоноличивания деформационных швов;
- усиление железобетонных конструкций путем дополнительной установки композитной арматуры;
- водоотводные лотки;
- тротуарные блоки мостов.

При ремонте и усилении таких конструкций производится нарезка штрабы в плотном теле защитного слоя бетона конструкции глубиной, превышающей расчетный диаметр арматуры примерно в 1,5 раза (рисунок 7.1в).

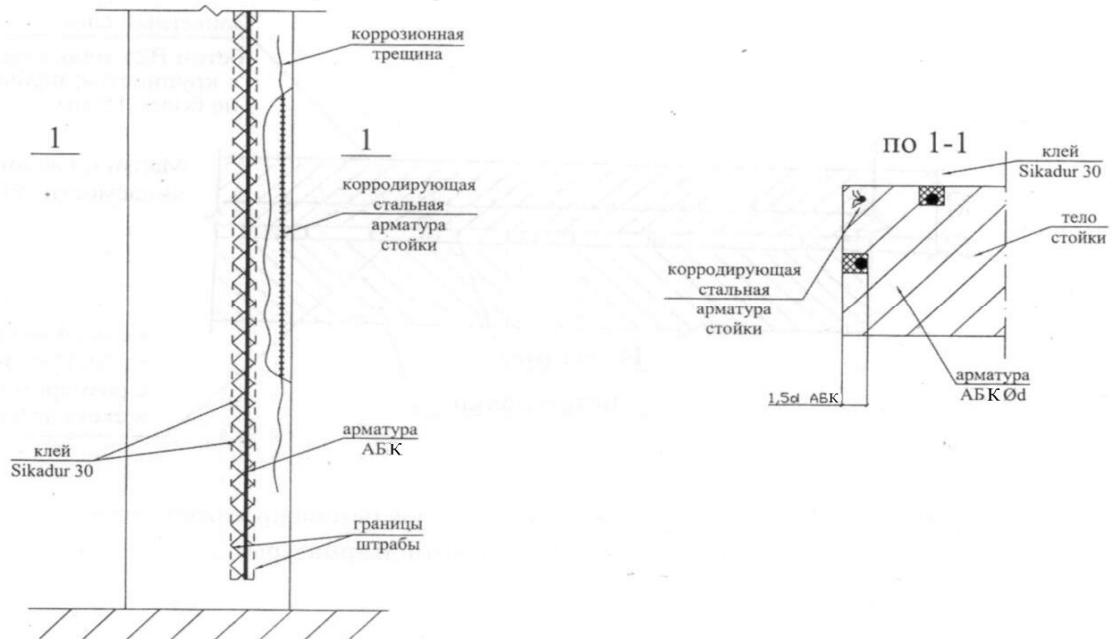


Рисунок 7.1в – Схема усиления стоечной опоры моста композитной арматурой из базальтовых волокон в связи с частичной потерей сечения рабочей стальной арматуры стойки

Затем производится установка композитной арматуры в штрабу и заполнение штрабы эпоксидным составом.

После отверждения клея следует произвести покраску зоны усиления конструкции солнцезащитной краской.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Применение композитной арматуры в виде сеток и отдельных стержней в мостовых сооружениях должно осуществляться в соответствии с указаниями руководящих документов по расчету, конструированию и строительству мостов.

Ремонт и усиление основных конструкций с использованием композитной арматуры следует проводить в случаях, когда в рабочей арматуре конструкции протекает коррозия бетона с отслоением защитного слоя или в процессе обследований установлено, что защитный слой бетона потерял свои пассивирующие свойства, а арматура конструкции находится в начальной стадии коррозии.

Фибробетон

Конструкции мостовых сооружений могут изготавливаться из фибробетон – бетона армированного полимерной фиброй. В качестве полимерной фибры могут быть использованы в том числе полимерные волокна отечественного производства ВСМ™ и ArmaFiber®.

Физико-механические характеристики полимерных волокон представлены в таблице 7.19а.

Таблица 7.19а – Физико-механические характеристики полимерных волокон

Параметр	Значение параметра
Относительная плотность	0,91
Предел прочности на разрыв, МПа	350-650
Модуль упругости, МПа	6500-13000
Удлинение при разрыве, %	≤15%
Температура воспламенения, °С	593 °С (1100°F)
Температура плавления, °С	165 °С (320°F)
Стойкость к воздействию химических веществ (кислотам) и солям	Отличная
Стойкость к воздействию щелочей	Отличная
Электропроводность	Низкая

В качестве основной рабочей арматуры несущих конструкций с полимерной фиброй используют арматуру из стержневой горячекатаной стали периодического профиля по ГОСТ 5781 класса А-II (А300) марки 18Г2С, класса Ас-II (Ас300) марки 10ГТ, А-III (А400) марки 25Г2С; В400С для горячекатаной стали марки Ст3Г; класса А500С и А500СП по ГОСТ 52751. Для конструктивной арматуры и хомутов применяют горячекатаную гладкую арматуру по ГОСТ 380 из стали класса А-I марки Ст3сп.

Бетоно-матрица для фибробетона должна соответствовать требованиям 7.19-7.23.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Нормативные сопротивления при сжатии и растяжении для фибробетона с полимерной фиброй ВСМ™ и ArmaFiber® приведены в [24] и [25].

Расчет по предельным состояниям первой и второй группы производится аналогично расчету бетонных и железобетонных конструкций с учетом особенностей фибробетона по [24] и [25]».

Пункт 7.95. В таблице 7.24 заменить ссылку: ГОСТ 10060.2 на ГОСТ 10060.

Раздел 7 дополнить новым подразделом:

«Ремонт и усиление железобетонных конструкций с использованием композитных материалов

7.187 Ремонт и усиление железобетонных конструкций необходимы в случаях, когда:

- железобетонные конструкции, не имеют повреждений, но требуют усиления в связи с увеличивающимися расчетными эксплуатационными нагрузками;

- железобетонные конструкции, имеют повреждения в ходе эксплуатации (повреждение защитного слоя, коррозия арматуры и бетона, наличие трещин, непроектных прогибов и т.д.) и требуют восстановления их эксплуатационных свойств и повышения долговечности.

7.188 Проектирование восстановления и усиления железобетонных конструкций следует производить на основе результатов их натурного обследования с учетом указаний СП 79.13330.

7.189 Расчетные схемы усиливаемых конструкций следует принимать с учетом их фактических геометрических размеров, а также имеющихся дефектов и повреждений.

7.190 Система усиления конструкций внешним армированием

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

композитными материалами должна обеспечивать включение элементов усиления в совместную работу с усиливаемой конструкцией.

7.191 Для восстановления и усиления железобетонных конструкций внешним армированием в качестве композитных материалов следует применять углекомпозитные и базальтокомпозитные ламинаты на основе, соответственно, углеродных и базальтовых волокон.

7.192 Расчет по прочности железобетонных конструкций, усиленных внешним армированием из композитных материалов, необходимо производить:

- при действии изгибающих моментов и продольных сил – по нормальным сечениям;
- при действии поперечных сил – по наклонным сечениям.

7.193 Прочность усиленной конструкции определяется в соответствии с требованиями 7.49-7.54. Композитный материал, расположенный на растянутой грани, учитывается в совместной работе конструкции на изгиб при воздействии временной нагрузки.

7.194 Расчет железобетонной конструкции, усиленной внешним армированием из композитных материалов, следует производить с учетом начального напряженно-деформированного состояния конструкции перед ее усилением.

7.195 Расчетное значение сопротивления растяжению R_{ft} композитных материалов рассчитывают по формуле

$$R_{ft} = \frac{\gamma_{f1} \cdot \gamma_{f2} \cdot R_{fn}}{\gamma_f}, \quad (7.109)$$

где γ_f - коэффициент надежности по композитному материалу, принимаемый при расчете по предельным состояниям второй

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

группы равным 1,0, а при расчете по предельным состояниям первой группы равным 1,1;

γ_{f1} - коэффициент условий работы композитного материала, зависящий от типа армирующих волокон и условий эксплуатации конструкции и принимаемый равным 0,85;

γ_{f2} - коэффициент условий работы композитного материала, учитывающий сцепление композитного материала с бетоном, определяемый по формуле

$$\gamma_{f2} = \frac{1}{2,5\varepsilon_{fu}} \sqrt{\frac{R_b}{nE_f t_f}} \leq 0,9, \quad (7.110)$$

где n – число слоев композита;

t_f – безразмерный параметр, численно равный значению в мм толщины одного слоя композита;

E_f – модуль упругости композита, МПа.

R_b – расчетное значение сопротивления бетона осевому сжатию, МПа.

7.196 При расчете усиленных конструкций по предельным состояниям первой группы на действие только постоянных и длительных нагрузок расчетные значения сопротивления растяжению композитных материалов, вычисленные по формуле (7.109), следует умножать на понижающий коэффициент γ_{fl} , который вычисляют по формуле

$$\gamma_{fl} = \bar{\gamma}_{fl} \frac{q_n}{q} \cdot \frac{\gamma_f}{1,5}, \quad (7.111)$$

где $\bar{\gamma}_{fl}$ - предельное значение коэффициента снижения нормативного сопротивления растяжению композитных материалов при длительном действии нормативной нагрузки,

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

принимаемое равным 0,9;

q и q_n - расчетное и нормативное значения нагрузки соответственно.

7.197 Расчетное значение сопротивления композитных материалов сжатию следует принимать равным нулю.

7.198 Расчетное значение R_{fw} сопротивления композитных материалов растяжению при расчете прочности сечений, наклонных к продольной оси элемента, следует принимать согласно указаниям п. 12.8.3.3.

7.199 Значение коэффициента линейной температурной деформации композитных материалов следует принимать в зависимости от типа и объемного содержания армирующих волокон, а также типа полимерной матрицы.

7.200 Расчетные диаграммы состояния (деформирования) композитного материала, устанавливающие связь между напряжениями и относительными деформациями при растяжении, следует принимать линейными.

Расчет по предельным состояниям первой группы

7.201 Расчет по прочности сечений нормальных к продольной оси элемента

7.201.1. Основанием для усиления конструкции являются результаты расчета эксплуатируемой конструкции в соответствии с требованиями 7.56-7.61 по прочности нормальных и наклонных к оси балки сечений. Расчетами устанавливают недостающее значение несущей способности, по которому определяют требуемое сечение наклеиваемого композитного материала

7.201.2. Предельные усилия в усиленном сечении, нормальном к продольной оси элемента, принимаются исходя условия, что деформации сдвига в клеевом слое не учитываются.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

7.201.3. Расчет по прочности нормальных сечений следует производить в зависимости от соотношения между значением относительной высоты сжатой зоны бетона $\xi = \frac{x}{h_0}$, определяемой из соответствующих условий равновесия, и значением граничной относительной высоты сжатой зоны ξ_{Rf} , при котором предельное состояние элемента наступает одновременно с достижением в композитном материале значения напряжения, равного расчетному значению сопротивлению R_f .

7.201.4 Значение ξ_{Rf} следует определять по формуле

$$\xi_{Rf} = \frac{x_{Rf}}{h} = \frac{\omega}{1 + \frac{\varepsilon_{fu}}{\varepsilon_{b2} - \varepsilon_b^0}}, \quad (7.112)$$

где ω – характеристика сжатой зоны бетона, принимаемая для тяжелого бетона классов до В60 включительно равной 0,8, а для тяжелого бетона классов В70 – В100 и для мелкозернистого бетона - равной 0,7;

ε_{fu} - расчетное значение предельных относительных деформаций, вычисляемое по формуле $\varepsilon_{fu} = \frac{R_f}{E_f}$

ε_{b2} - относительные деформации сжатого бетона при напряжениях R_b , принимаемые по СП 63.13330;

ε_b^0 - значение относительной деформации сжатой грани бетона до усиления конструкции.

7.202 Расчет изгибаемых элементов

7.202.1. Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов, усиленных внешним армированием из композитных материалов, следует производить из условия

$$M \leq M_{ult}, \quad (7.113)$$

где M - изгибающий момент от внешней нагрузки;

M_{ult} - предельный изгибающий момент, который может быть воспринят усиленным сечением элемента.

7.202.2. Значение M_{ult} для изгибаемых элементов прямоугольного сечения, таврового и двутаврового сечения, при

$\xi = \frac{X}{h} \leq \xi_{Rf}$ следует определять по 7.62-7.65 с добавлением в формулы составляющей внешнего армирования из композитных материалов.

7.203 Расчет по прочности сечений, наклонных к продольной оси элемента

7.203.1 Расчет по прочности наклонных сечений железобетонных элементов, усиленных внешним армированием из композитных в виде двух и трехсторонних хомутов или путем общего обертывания (рисунок 7.10) следует производить по прочности бетонной полосы между наклонными трещинами, по наклонным сечениям на действие поперечных сил и по наклонным сечениям на действие моментов.

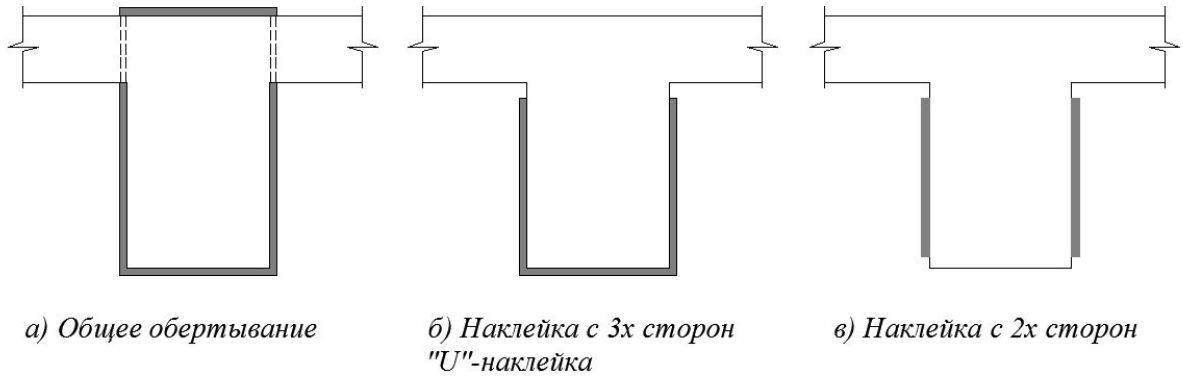


Рисунок 7.10 – Схемы усиления наклонных сечений элементов

7.203.2. Расчет изгибаемых элементов по прочности бетонной полосы между наклонными трещинами следует производить по 7.62-7.65 без учета работы внешнего армирования из композитных материалов.

7.203.3 Расчет изгибаемых элементов по наклонным сечениям на действие поперечных сил следует производить из условия:

$$Q \leq Q_b + Q_{sw} + Q_{fw}, \quad (7.114)$$

где Q - поперечная сила в наклонном сечении с длиной проекции S на продольную ось элемента, определяемая от всех внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого наклонного сечения; при этом учитывают наиболее опасное нагружение в пределах наклонного сечения;

Q_b - поперечная сила, воспринимаемая бетоном в наклонном сечении;

Q_{sw} - поперечная сила, воспринимаемая стальной поперечной арматурой в наклонном сечении;

Q_{fw} - поперечная сила, воспринимаемая поперечной арматурой из композитных материалов в наклонном сечении, определяемая по формуле.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

$$Q_{fw} = \psi_f \frac{A_{fw} \cdot R_{fw} \sin \alpha \cdot (C - (h - h_{fw}))}{S_f}, \quad (7.115)$$

где ψ_f - коэффициент, зависящий от принятой схемы наклейки, принимаемый равным:

- для полностью обернутых сечений – 0,95;
- для двух и трехсторонних хомутов – 0,85;

A_{fw} - площадь сечения поперечного хомута из композитных материалов;

C - длина проекции наклонного сечения, при отсутствии поперечной стальной арматуры в существующей конструкции рассчитывается по формуле (7.116);

h_{fw} - высота наклейки поперечного хомута;

R_{fw} - расчетное значение сопротивления композитных материалов растяжению при расчете прочности сечений, наклонных к продольной оси элемента, рассчитывают по формуле (7.117), а при усилении в виде двух или трехсторонних хомутов – с учетом дополнительного условия (7.118).

$$C = h_{fw}, \quad (7.116)$$

$$R_{fw} = 0,75R_f \leq 0,004E_f, \quad (7.117)$$

$$R_{fw} \leq \gamma_{f3}R_f, \quad (7.118)$$

где γ_{f3} - коэффициент надежности по сцеплению, рассчитывают по формуле (7.119).

$$\gamma_{f3} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot L_f \cdot E_f}{1190 \cdot R_f} \leq 0,75, \quad (7.119)$$

где L_f - эффективная длина анкеровки, мм, рассчитывают по формуле (7.120);

n - число слоев полос поперечного хомута;

k_1 - коэффициент, учитывающий прочность бетона,

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

рассчитывают по формуле (7.121);

k_2 - коэффициент, учитывающий схему усиления, рассчитывают по формуле (7.122) для трехсторонних (U-образных) хомутов или по формуле (7.123) для двухсторонних.

$$L_f = \frac{23300}{(n \cdot t_f \cdot E_f)^{0,58}}, \quad (7.120)$$

$$k_{\bar{r}} = (0,1R_b)^{\frac{2}{3}}, \quad (7.121)$$

где R_b – расчетное значение сопротивления бетона осевому сжатию, МПа.

$$k_{2\bar{r}} = \frac{h_{fw} - L_f}{h_{fw}}, \quad (7.122)$$

$$k_{2\bar{r}} = \frac{h_{fw} - 2L_f}{h_{fw}}. \quad (7.123)$$

В формулах (7.118) и (7.119) значение R_f следует определять по формуле (7.109), в которой значение коэффициента γ_{f2} принимается равным 1,0.

Параметры формул (7.119) – (7.121) следует принимать как безразмерные величины, а их числовые значения: в миллиметрах – геометрические характеристики и в мегапаскалях – прочностные и деформационные характеристики.

7.203.4 Схема усилий при расчете железобетонных элементов с внешним армированием из композитных материалов по наклонному сечению на действие поперечных сил приведена на рисунке 7.11.

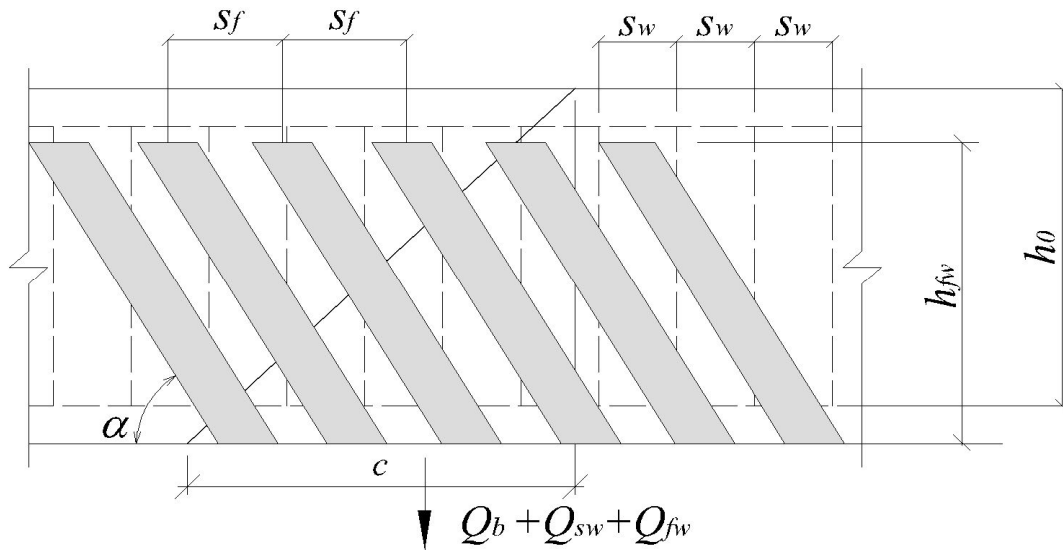


Рисунок 7.11 – Схема усилий при расчете железобетонных элементов с внешним армированием из композитных материалов по наклонному сечению на действие поперечных сил.

7.204 Расчет сжатых и внецентренно сжатых элементов

7.204.1. Усиление сжатых железобетонных элементов производится путем устройства внешнего армирования в продольном направлении или путем устройства обоймы внешним армированием в поперечном направлении - для создания объемного напряженного состояния.

Усиление путем устройства обоймы сжатых элементов рекомендуется производить при следующих условиях:

- расчетное значение эксцентриситета приложения сжимающей силы должно быть менее $0,1D$ (для круглых сечений диаметром D) или менее $0,1h$ (для прямоугольных сечений);

- соотношение сторон элементов прямоугольного сечения h/b не должно превышать значение $1,5$;

- размер стороны элементов прямоугольного сечения h не должен превышать 900мм ;

- гибкость элементов не должна превышать значение $l/i = 50$.

Усиление внешним армированием в продольном направлении

7.204.2. Расчет по прочности прямоугольных сечений внецентренно сжатых элементов, усиленных внешним армированием из композитных материалов в продольном направлении (рисунок 7.12)

при $\xi = \frac{x}{h} \leq \xi_{Rf}$ следует производить из условия:

$$N \cdot e \leq R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_o - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_o - a') + R_f \cdot A_f \cdot a, \quad (7.124)$$

где N - продольная сила от внешней нагрузки;

x - высота сжатой зоны, определяемая по формуле

$$x = \frac{N + R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s + R_f \cdot A_f}{R_b \cdot b}, \quad (7.125)$$

При $\frac{x}{h_o} \leq \xi_R$ и $\frac{x}{h} \geq \xi_{Rf}$ значение высоты сжатой зоны x в формуле

(7.124) рассчитывают по формуле

$$x = \frac{N + R_s \cdot A_s + R_f \cdot A_f \cdot \frac{1 + \xi_{Rf}}{1 - \xi_{Rf}} - R_{sc} \cdot A'_s}{R_b \cdot b + \frac{2R_f \cdot A_f}{h(1 - \xi_{Rf})}}. \quad (7.125)$$

При $\frac{x}{h_o} \geq \xi_R$ значение высоты сжатой зоны x в формуле (7.124)

следует определять по формуле:

$$x = \frac{N + R_s \cdot A_s \cdot \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} + R_f \cdot A_f \cdot \frac{1 + \xi_{Rf}}{1 - \xi_{Rf}} - R_{sc} \cdot A'_s}{R_b \cdot b + \frac{2R_s \cdot A_s}{h_o(1 - \xi_R)} + \frac{2R_f \cdot A_f}{h(1 - \xi_{Rf})}}. \quad (7.126)$$

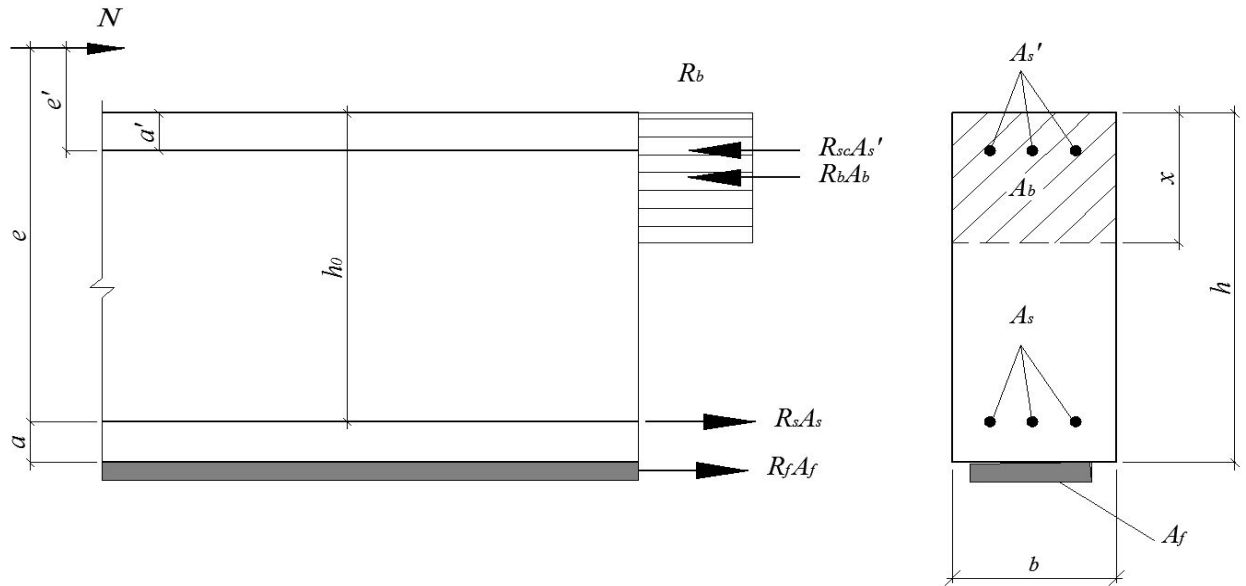


Рисунок 7.12 – Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси внецентренно сжатого железобетонного элемента с внешним армированием из композитных материалов, при расчете его по прочности

Усиление внешним армированием в поперечном направлении

7.204.3. Расчет по прочности сечений внецентренно сжатых элементов, усиленных внешним армированием из композитных материалов в поперечном направлении (рисунок 7.13), следует производить с учетом повышения прочности бетона при объемном напряженном состоянии.

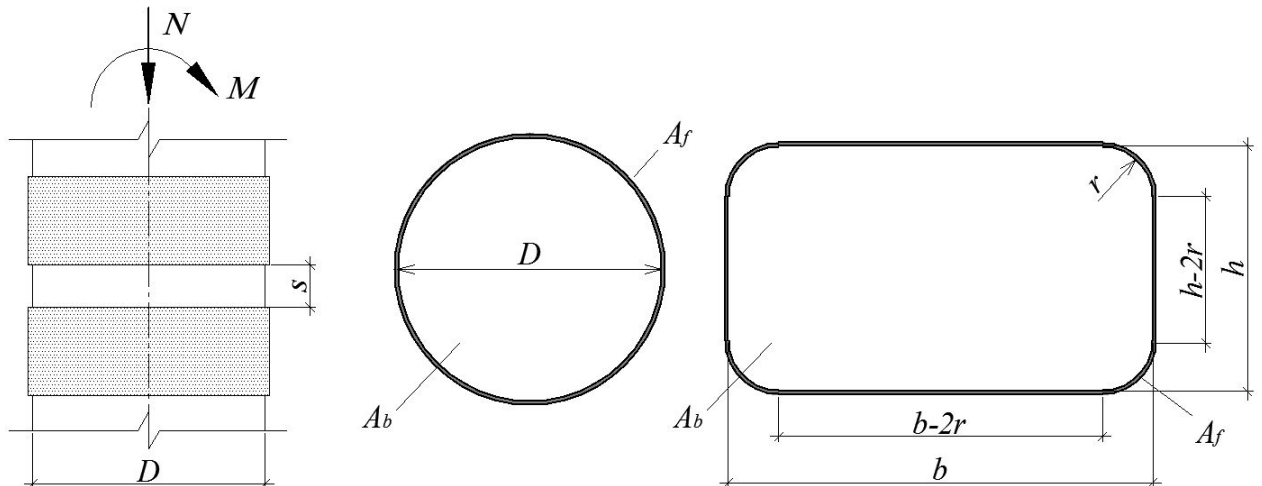


Рисунок 7.13 – Усиление внешним армированием из композитных материалов в поперечном направлении

Расчетные значения сопротивления бетона сжатию в осевом направлении следует определять по формуле

$$R_{b3} = R_b + k_{ef} \cdot k_e \cdot R_f \cdot \mu_f \leq R_b + 0,55 R_f \cdot \mu_f, \quad (7.127)$$

где k_{ef} - коэффициент эффективности обоймы, рассчитывают по формуле (7.128) для элементов круглого сечения или по формуле (7.129) для элементов прямоугольного сечения с соотношением сторон $h/b \leq 1,5$ или по формуле (7.130) для элементов прямоугольного сечения с соотношением сторон $h/b > 1,5$ или при $h > 900$ мм, а также при эксцентриситете приложения сжимающей силы $\frac{M}{N} \cdot \eta$ более $0,1D$ (для круглых сечений диаметром D) или более $0,1h$ (для прямоугольных сечений);

k_e - коэффициент, учитывающий наличие разрывов по высоте обоймы, принимаемый равным:

- для сплошных обойм (при $s_w = 0$) - 1,0;
- для обойм с разрывами для элементов круглого сечения

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

(см. рисунок 7.13) $k_e = \left(1 - \frac{s_w}{2D}\right)^2$, где s_w - расстояние между

отдельными витками обоймы;

μ_f - коэффициент армирования, рассчитывают по формуле (7.131);

R_b - нормативное сопротивление бетона осевому сжатию при однородном напряженном состоянии;

R_f - расчетное сопротивление растяжению композитного материала, определяемое по формуле (7.109), в которой значение коэффициента γ_{f2} следует принять равным 1,0.

$$k_{ef} = 1,0, \quad (7.128)$$

$$k_{ef} = 1 - \frac{(b - 2r)^2 + (h - 2r)^2}{2b \cdot h}, \quad (7.129)$$

где r - радиус закругления граней сечения.

$$k_{ef} = 0; \quad (7.130)$$

$$\mu_f = A_f/A, \quad (7.131)$$

где A_f - площадь поперечного сечения обоймы из композитного материала;

A - площадь охваченного обоймой поперечного сечения бетона при однородном напряженном состоянии.

7.204.4 Расчет по прочности прямоугольных сечений внецентренно сжатых элементов, усиленных внешним армированием из композитных материалов в поперечном направлении (рисунок 7.13), следует производить из условия

$$N \cdot e \leq R_{b3} \cdot b \cdot x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s (h_0 - a'), \quad (7.132)$$

при этом значение высоты сжатой зоны x следует определять:

а) при $\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_{R3}$ по формуле

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

$$x = \frac{N + R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s}{R_{b3} \cdot b}, \quad (7.133)$$

б) при $\xi = \frac{x}{h_0} > \xi_{R3}$ по формуле

$$x = \frac{N + R_s \cdot A_s \cdot \frac{1 + \xi_{R3}}{1 - \xi_{R3}} - R_{sc} \cdot A'_s}{R_{b3} \cdot b + \frac{2R_s \cdot A_s}{h_0(1 - \xi_{R3})}}, \quad (7.134)$$

где ξ_{R3} - граничное значение относительной высоты сжатой зоны, вычисляемое учетом объемного напряженного состояния бетона по формуле (7.135).

$$\xi_{R3} = \frac{x_{R3}}{h_0} = \frac{\omega}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b3}}}, \quad (7.135)$$

$$\varepsilon_{b3} = \varepsilon_{b2} + 2\mu_f \frac{R_{f,n}}{E_b}. \quad (7.136)$$

7.204.5 Расчет по прочности круглых сечений внецентренно сжатых элементов, усиленных внешним армированием из композитных материалов в поперечном направлении (рисунок 7.14) с арматурой, равномерно распределенной по окружности (при числе продольных стержней не менее 7), при классе арматуры не выше А400 проверяется из условия

$$M \leq \frac{2}{3} R_{b3} A_{r_m} \frac{\sin^3 \pi \xi_{cir}}{\pi} + R_s A_{s,tot} \left(\frac{\sin \pi \xi_{cir}}{\pi} + \varphi \right) r_s, \quad (7.137)$$

где r - радиус поперечного сечения;

ξ_{cir} - относительная площадь сжатой зоны бетона,

определяемая:

а) при выполнении условия (7.138) из решения уравнения (7.139);

б) при невыполнении условия (7.138) из решения уравнения (7.140);

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

φ - коэффициент, учитывающий работу растянутой арматуры;
при выполнении условия (7.139) $\varphi = 0$;

r_s - радиус окружности, проходящей через центры тяжести стержней продольной арматуры.

$$N \leq 0,77R_{b3}A + 0,645R_s A_{s,tot}, \quad (7.138)$$

$$\xi_{cir} = \frac{N + R_b A \frac{\sin 2\pi \xi_{sir}}{2\pi}}{R_{b3} A + R_s A_{s,tot}}, \quad (7.139)$$

$$\xi_{cir} = \frac{N + R_s A_{s,tot} + R_b A \frac{\sin 2\pi \xi_{sir}}{2\pi}}{R_{b3} A + 2,55 R_s A_{s,tot}}. \quad (7.140)$$

где $A_{s,tot}$ - площадь сечения всей продольной арматуры.

Значение момента M следует определять с учетом влияния прогиба элемента.

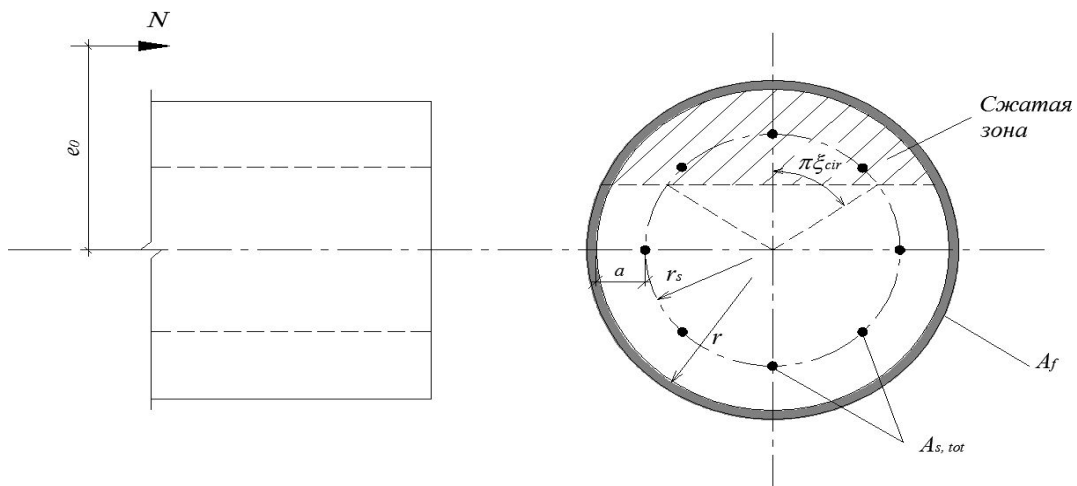


Рисунок 7.14 – Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси сжатого элемента круглого сечения с внешним армированием из композитных материалов в поперечном направлении

7.205 Расчет на выносливость

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

7.205.1 Расчет на выносливость проводится для железобетонной плиты проезжей части автодорожных мостов и путепроводов в случаях, когда существующие плиты имеют повреждения (трещины) либо недостаточное сечение нижней арматуры по сравнению с требованиями типовых проектов или проектной документации. Необходимость усиления плиты определяется из сопоставления проектного (требуемого) приведенного момента инерции плиты (ΔJ_{red}) может компенсироваться композитным материалом при проверке выносливости по арматуре по формуле 7.87.

7.205.2 Требуемая для компенсации площадь сечения композитного материала определяется по формуле

$$A_f \geq \frac{4 \cdot E_a}{E_f} \cdot \frac{\Delta J_{red}}{(h_{пл} \cdot k)^2}, \quad (7.141)$$

где ΔJ – величина снижения момента инерции плиты из-за повреждений;

$h_{пл}$ – толщина плиты.

Расчет по предельным состояниям второй группы

7.206 Проверка конструкций по прогибам

7.206.1. Проверку выполняют в том случае, когда прогиб конструкций от нормативной временной нагрузки превышает допустимый прогиб. Подобная ситуация может иметь место, если в балке появились повреждения, снижающие ее жесткость. Прогиб конструкций (балок, плит, коробчатых пролетных строений) сопровождается удлинением нижних волокон, от величины которого зависит количество слоев лент в композитном материале.

7.206.2. Для разрезной балочной конструкции, имеющей прогиб от нормативной нагрузки « f », удлинение (Δ) нижних волокон бетона определяют из условия равенства углов β^* (рисунок 7.15) по формуле

$$\frac{1,6 \cdot f}{\ell_p/2} = \frac{\Delta}{2 \cdot (h - x)}; \quad \Delta = \frac{6,4 \cdot f}{\ell_p} (h - x); \quad (7.142)$$

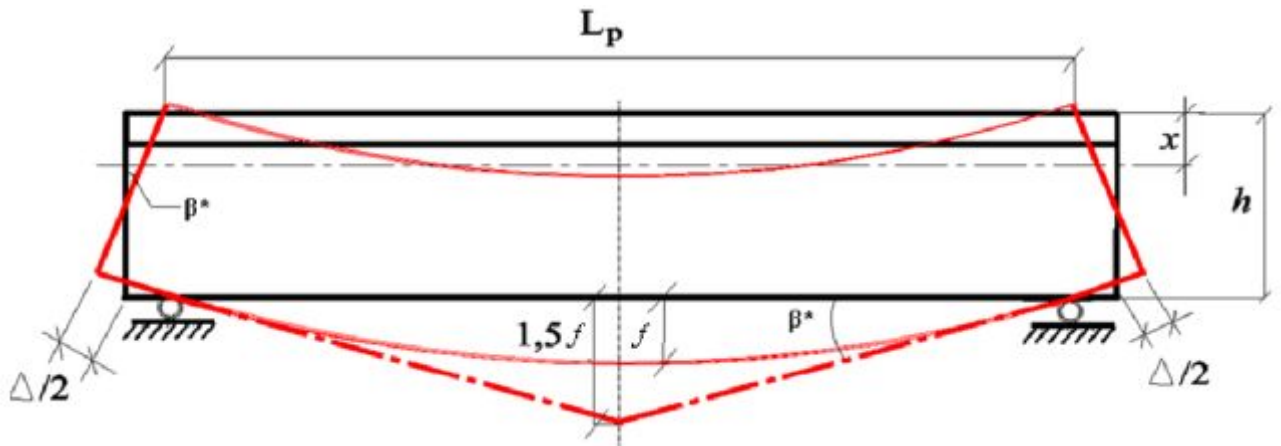


Рисунок 7.15 – Схема деформации пролетного строения при изгибе

Относительное удлинение нижних волокон ε различно по длине балки – равно нулю у опор и максимальное в $\ell_p/2$. Изменение величины ε отражено формулой

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{\ell_p} \cdot k, \quad (7.143)$$

где k – коэффициент изменения величины относительного удлинения по длине балки, значения которого для различных сечений приведены в таблице 7.32.

Т а б л и ц а 7.32 – Коэффициенты неравномерности относительных удлинений по низу балки

Сечение по длине балки	Над опорной частью	$\ell/2$	$\ell/3$	$\ell/4$	$\ell/5$	$\ell/6$	$\ell/8$	$\ell/10$
		Значение коэффициента неравномерности, k	0	1,5	1,4	1,25	1,1	1,0

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

7.206.3. Усиление конструкций требуется в случаях, когда прогиб от нормативной временной нагрузки превышает допустимую Сводом правил величину $[f] = \frac{1}{400} \cdot \ell_p$. Усиление конструкций из-за превышения допустимого прогиба осуществляют по результатам расчета по изгибающему моменту и расчета по жесткости.

7.207 Расчет по изгибающему моменту

Определяется, насколько должен быть увеличен момент внутренней пары сечения (ΔM), чтобы прогиб не превышал $\frac{1}{400} \cdot \ell_p$. По величине момента ΔM подбирается сечение композитного материала, где

$$\sigma \cdot A_k \cdot (h - x) \geq \Delta M, \quad (7.144)$$

$$\sigma = E_k \cdot \varepsilon_i = \frac{\Delta k}{\ell_p} = \frac{6,4 \cdot f \cdot (h - x)}{\ell_p^2} \cdot k. \quad (7.145)$$

7.208 Расчет по жесткости

7.208.1 Определяется, насколько должна быть увеличена жесткость сечения, чтобы прогиб конструкции уменьшился до нормативного значения. Недостающая жесткость должна быть компенсирована за счет увеличения момента инерции сечения ΔJ

$$A_f \cdot \frac{E_k}{E_b} \cdot (h - x)^2 \geq \Delta J. \quad (7.146)$$

По результатам расчета определяется требуемая площадь сечения композитного материала.

7.208.2 Если для усиления конструкции, исходя из расчетов по прогибам в $\ell_p/2$ требуется наклейка ламеля с одной лентой, то длину ламеля допускается принимать равной $\ell_p/2$. При количестве лент усиления 2 и более длины участков, усиленных композитным материалом, принимают по таблице 7.33.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Таблица 7.33 – Длины лент усиления, используемых КМФ

Общее количество лент	Длины лент (не менее)			
	Лента №1	Лента №2	Лента №3	Лента №4
1	$l_p/2$	-	-	-
2	$l_p/2$	l_p	-	-
3	$l_p/2$	$\frac{2}{3} l_p$	l_p	-
≥ 4	$l_p/2$	$\frac{2}{3} l_p$	$\frac{3}{4} l_p$	l_p

7.208.3 Результат расчета сопоставляют с результатом расчета по первому предельному состоянию и окончательно принимают наибольшее количество слоев, требуемых для усиления балки.

7.209 Расчет конструкций по трещиностойкости

7.209.1 Расчет по раскрытию трещин выполняют по формулам 7.93 и 7.94, используя значения радиуса армирования R_r (формула 7.100) и коэффициента раскрытия трещин ψ для усиленной балки. При этом коэффициент раскрытия трещин принимают равным:

- $0,35 R_r$ – для усиленных предварительно-напряженных балок;
- $1,5\sqrt{R_r}$ – для усиленных каркасных балок.

7.209.2 При определении радиуса армирования R_r площадь сечения лент усиления приводят к площади примененной в конструкции стержневой арматуры или пучков. Коэффициент β в формуле 7.100 принимают равным:

- 1,00 – для балок с гладкой арматурой и арматурой периодического профиля;
- 0,65 – для балок, армированных пучками.

Усиление железобетонных плит пролетных строений

7.210 При усилении плит с целью восстановления или увеличения несущей способности используют ленты наклеиваемые снизу и (или) сбоку (позиции 1 и 2 на рисунке 7.16). Возможны две

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

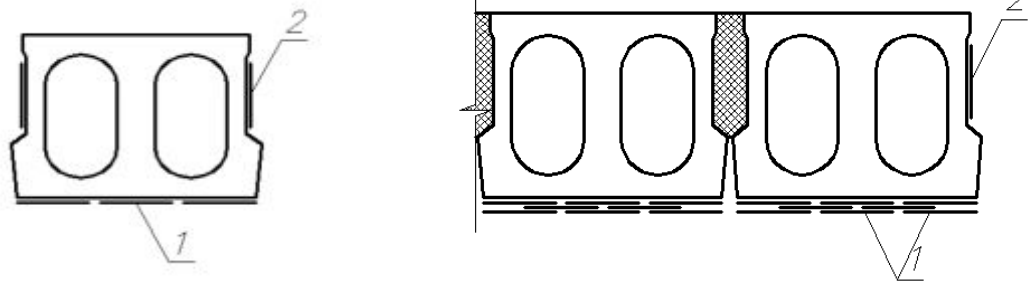
принципиальные технологии усиления. Первая из них применима при усилении плит, не имеющих повреждений, снижающих несущую способность, и предназначенных для повторной эксплуатации в условиях повышенного уровня нагружения. Как правило, в этих случаях проводят и замену продольных швов омоноличивания. Демонтаж плит дает возможность вести усиление без подмостей, разместив усиливаемую плиту на ремонтируемом сооружении. В этом случае для усиления наклеивают ленты снизу и на две боковые поверхности (рисунок 7.16, а). Количество лент определяется расчетом по первому и второму предельным состояниям.

7.211 Вторая технология предусматривает усиление поврежденных плит, то есть плит с уменьшенной жесткостью из-за наличия различных повреждений. При проверке прочности по наклонному сечению крайних плит горизонтальные волокна в расчет не принимают, а учитывают сечения только вертикальных волокон (в пределах расстояния «с»).

В этом случае вначале выполняют восстановительные работы (инъектирование трещин, заделку сколов, бетонирование поврежденных стенок и др.) и после этого осуществляют усиление.

7.212 Усиление лентами эксплуатируемых сооружений осуществляют, как правило, снизу, проводя работы с подмостей. Для крайних плит с повреждением защитного слоя имеется возможность усиления восстановленного защитного слоя по фасаду. При усилении фасадных поверхностей рекомендуется применять ленты с двунаправленными волокнами.

а) б)



1 – ленты, наклеиваемые снизу, 2 – ленты, наклеиваемые сбоку

Рисунок 7.16 – Схемы усиления плит

а) демонтированных с пролетного строения,

б) в составе пролетного строения

Конструктивные требования

7.213 Конструкция усиливающих накладок (форма, размеры, количество слоев) назначается на основании расчетов.

7.214 Максимальное количество слоев в накладке ограничивается расчетной силой сцепления с поверхностью основания.

7.215 Основание должно отвечать определенным геометрическим, механическим и физико-химическим критериям.

7.216 До наклеивания усиливающих элементов (лент, ткани, ламинатов) поверхность основания должна быть выровнена, а локальные геометрические дефекты устранены.

7.217. Неплоскостность поверхности должна быть меньше 5 мм на базе 2 м или 1 мм на базе 0,3 м. Мелкие дефекты (сколы, раковины, каверны) не должны быть глубже 5 мм и площадью не более 25 см². Такие дефекты должны быть устранены с помощью полимерцементных ремонтных смесей с быстрым набором прочности. Выравнивание значительных (более 25 см²) участков поверхности производится с использованием полимерцементных ремонтных составов с наполнителем в виде песка и мелкого щебня.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

7.218 При длине усиливающих элементов более 3-х метров, в целях облегчения процесса укладки, ленту можно наклеивать отдельными полосами, которые необходимо стыковать между собой внахлест по длине. При этом длина нахлеста должна составлять не менее 100 мм.

7.219 В случае разрушения (отслоения) защитного слоя бетона в результате коррозии арматуры следует удалить его, очистить обнаженную арматуру от продуктов коррозии, обработать ее преобразователем ржавчины и после этого восстановить защитный слой специальными ремонтными составами.

7.220 Трещины с раскрытием более 0,3 мм должны быть отремонтированы низковязкими эпоксидными или полиуретановыми составами, трещины с меньшим раскрытием могут быть затерты полимерцементным раствором.

7.221 Углеродная лента (ламинат) по длине наклейки должна выходить за пределы усиливаемой зоны не менее, чем на 100 мм (зона анкеровки) при прочности бетона основания на сжатие более 25 МПа, и на 150-200 мм при прочности бетона менее 25 МПа.

7.222 При многослойной конструкции элемента усиления каждый последующий слой должен быть короче предыдущего на длину анкеровки. Для неразрезных балок с однослойным усилением накладка должна быть продлена не менее чем на 150 мм за точку нулевого момента от расчетных нагрузок. В случае многослойного усиления каждый последующий слой должен быть короче предыдущего на 150 мм.

7.223 Для ограничения длины распространения отслоения композитного усиления, а также для увеличения анкеровки элементов усиления в концевых зонах целесообразно наряду с продольным армированием устраивать конструктивное поперечное армирование в

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

виде хомутов из ламината. Расстояние между хомутами не должно превышать 2-2,5 м.

При производстве работ по усилению с устройством хомутов следует чередовать наклейку продольных слоев и хомутов таким образом, чтобы каждый последующий продольный слой был перехвачен соответствующим хомутом.

7.224 В балочных конструкциях для усиления по наклонным сечениям в опорной зоне могут быть установлены вертикальные, либо наклонные хомуты. Хомуты наклеиваются поверх продольной накладки нижнего пояса, чтобы обеспечить ее лучшую анкеровку.

Вертикальные хомуты выполняются из одного куска ленты. Заготовка наклеивается (фиксируется) по всей длине и затем осуществляется прикатка от центра к краям.

7.225 Наклонные хомуты выполняются из двух отрезков ленты, стыкуемых по нижней (потолочной) поверхности ребра. Вначале наклеивается одна половина, осуществляется ее прикатка, после чего производится наклейка противоположенной части. Налест осуществляется понизу, на всю ширину ленты.

7.226 При усилении на изгиб балочных и ребристых плитных конструкций рекомендуется загибание ленты на боковые поверхности ребра для улучшения условий анкеровки и предотвращения отслоения защитного слоя. В этом случае лента наклеивается по всей длине кромкой на боковую поверхность ребра, после чего заворачивается на нижнюю (потолочную) поверхность и затем на противоположную поверхность ребра.

7.227 Конструкция усиливающих элементов должна быть выполнена таким образом, чтобы обеспечить возможность миграции влаги из тела бетона».

После раздела 11 добавить новый раздел 12:

«Конструкции пешеходных мостов из полимерных композитных материалов»

Материалы

12.1 Композитные несущие конструкции и конструктивные элементы следует изготавливать из слоистых полимерных композитов с применением термореактивных смол, армированных стекловолокнами из безщелочного алюмоборосиликатного стекла (Е-стекло) и/или углеволокном.

12.2 Армирование стеклокомпозитов следует осуществлять сформированными в виде матов, тканей, ровингов, лент, полотен стекловолокнами и их сочетаниями, назначаемыми в соответствии с технологией изготовления и функциональным назначением конструктивного элемента. При этом стекло маты могут использоваться только в сочетании с другими типами армирования, а в матах из рубленных волокон длина стекло волокна должна быть не менее 50 мм.

12.3 Полимерные композиты инфузионного изготовления должны иметь общее содержание стекловолокон не менее 20% от объема стеклокомпозита, при этом в каждом направлении слоистого стеклокомпозита (0° , $\pm 45^\circ$, 90°) содержание волокон должно быть не ниже 15% от общего объема волокон в стеклокомпозите.

12.4 Рекомендуется следующее содержание стекловолокна по объему в монослоях полимерного композита:

- однонаправленное армирование 50 - 70%;
- перекрестное в разных направлениях армирование (полотна и ткани) 40-60%;
- изотропное армирование (маты) 20 - 30%.

12.5 В составе композитных несущих конструкций и элементов допускается применение не композитных материалов, например,

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

дерева или бетона, не снижающих показателей надежности эксплуатации, долговечности и несущей способности пешеходного моста.

12.6 Допускается применение ячеистых материалов, например, пенополиуретана для образования (заполнения) формообразующих пустот в конструкциях пешеходных мостов.

12.7 Допускается в состав полимерных композитов вводить инертные наполнители, если они не снижают долговечность и механические свойства полимерных композитов в рамках требований настоящего свода правил.

12.8 В качестве термореактивного связующего следует использовать: ненасыщенные полиэфирные смолы, винилэфирные смолы, эпоксидные смолы и фенольные смолы.

12.9 Полимерные композиты конструктивных элементов пешеходных мостов должны удовлетворять требованиям по стойкости к внешним воздействиям, устанавливаемым проектом, которые аналогичны требованиям, предъявляемым к традиционным материалам транспортных сооружений по: морозостойкости, влагостойкости, термостойкости, стойкости к климатическому старению, ползучести, выносливости и износостойкости.

12.10 Допустимое содержание волокон в полимерном композите зависит от способа производства и типа армирования (таблица 12.1).

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Т а б л и ц а 12.1 – Допустимое содержания волокон в зависимости от способа производства стеклокомпозита

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

12.11 Допускается применение в составе конструкций из полимерных композитов:

- несущих элементов, не подвергаемых последующей сварке, из нержавеющей сталей марок 04X18H9, 04X18H10, 08X18H9T, 08X18H10T, 12X18H9, 12X18H10, 03X18H11 по ГОСТ 5582, ГОСТ 7350, сортамент по ГОСТ 19903, ГОСТ 19904, AISI 304 - аналог стали марки 08X18H10;

- несущих элементов из нержавеющей сталей, 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 (аргонодуговая сварка).

12.12 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.

12.13 Для способа сварки РДС следует применять электроды ЦЦ-11, ЦТ —15, НИАТ-1 (Св-04X19H9) по ГОСТ 9466.

12.14 Допускается применение болтов, гаек и шайб из стали марок 08X18H9, 12X18H10T, 12X18H9, 12X18H9T, 12X18H10, 08X18H10T, 03X18H11 по ГОСТ 5632, шпильки по ГОСТ 22034, ГОСТ

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

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;

12.15 Допускается применение 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.

Характеристики материалов

12.16 Значения расчетных сопротивлений (модулей упругости) R_s , конструктивных элементов, указанные в приложении 6 и принятые при проектировании, должны быть подтверждены экспериментально для данного объекта предприятием изготовителем. Определение значений расчетных сопротивлений (модулей упругости) производится с использованием формулы:

$$R_s = \frac{R_{cp} \cdot (1 - 2\nu)}{\gamma_m \cdot \gamma_c}, \quad (12.1)$$

где R_{cp} – средние значения сопротивлений (деформаций) полимерного композита, МПа;

ν – коэффициент вариации (в долях единицы), характеризующий экспериментальный разброс свойств композитного материала. Значения ν должны быть приняты по результатам не менее чем 12 испытаний в одной пробе полимерного композита с допустимой отбраковкой 2-х результатов. Допускается на стадии вариантного проектирования принимать ν , равным не менее 13%;

γ_c – коэффициент надежности технологии изготовления, характеризующий разброс свойств для различных методов изготовления полимерного композита (таблица 12.2);

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

γ_m – обобщенный коэффициент надежности по материалу, определяемый с использованием частных коэффициентов (приложение 8), учитывающих влияние различных факторов, снижающих физико-механические характеристики полимерных композитов в процессе эксплуатации, по формуле

$$\gamma_m = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (12.2)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий влияния температуры;
 K_2 – коэффициент, учитывающий влияние увлажнения конструкций;
 K_3 – коэффициент, учитывающий влияние ползучести стеклокомпозита для долговременных нагрузок;
 K_4 – коэффициент, учитывающий влияние усталости стеклокомпозита;
 K_5 – коэффициент, учитывающий влияние морозостойкости стеклокомпозита;
 K_6 – коэффициент, учитывающий влияние климатического старения стеклокомпозита за время эксплуатации.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Таблица 12.2 – Значения коэффициента надежности γ_c для различных технологий изготовления конструкций из полимерных КОМПОЗИТОВ

Способ производства	Коэффициент надежности γ_{m2}	
	Постотвержденный полимерный композит*	Полимерный композит без постотверждения*
Инфузия (RTM)	1,2	1,4
Вакуумная инфузия (VaRTM)	1,2	1,4
Формование из препрега	1,1	1,3
Пултрузия	1,1	1,3
Ручная выкладка	1,4	1,7
* Прошедший термообработку после формования		

12.17 Учет частных коэффициентов надежности по материалу (формула 12.2) в расчетах по предельным состояниям указан в таблице 12.3.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Таблица 12.3 – Комбинации частных коэффициентов для соответствующих предельных состояний

Коэффициенты пересчета для различных факторов и	Первое предельное состояние			Второе предельное состояние	
	Прочность	Устойчивость	Выносливость	Жесткость (прогибы)	Трещиностойкость
Температура K_1	х	х	х	х	х
Влагостойкость K_2	х	х	х	х	х
Ползучесть $K_3^{1)}$	х	х	-	х	х
Выносливость K_4	-	х	-	х	х
Морозостойкость K_5	х	-	х	-	х
Старение K_6	х	х	х	х	х

12.18 Допускается, на стадии вариантного проектирования конструкций пешеходных мостов, принимать значения механических характеристик полимерных композитов в соответствии с приложением 7с последующим экспериментальным подтверждением. Значения частных коэффициентов надежности по материалу в формуле (12.2) по приложению 8 с последующим экспериментальным подтверждением.

12.19 Допускается на стадии вариантного проектирования нормативные значения сопротивлений межслоевому сдвигу и отрыву слоев назначать в соответствии с данными таблицы 12.4, которые должны быть подтверждены экспериментально.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Таблица 12.4 – Значения нормативных сопротивлений межслоевой прочности

Тип смолы	Межслоевая прочность на отрыв, МПа	Межслоевая прочность на сдвиг, МПа
Полиэфирная смола	10,0	20,0
Винилэфирная смола	12,5	25,0
Эпоксидная смола	15,0	30,0

12.20 Модуль упругости

12.20.1 Теоретические значения модулей упругости и сдвига рекомендуется определять с использованием основных указаний по ГОСТ Р 54928, [22], а также с использованием вычислительных программ, реализующих метод конечных элементов.

12.20.2 Допускается на стадии вариантного проектирования применять нормативные значения модулей упругости растяжения, сдвига, а также коэффициента Пуассона (приложение 9).

12.20.3 Нормативные и расчетные значения модулей упругости растяжения и сдвига полимерных композитов, принятые на стадии проектирования, должны быть в обязательном порядке подтверждены экспериментально при температуре испытаний $(18 \pm 3)^\circ\text{C}$ и нулевой влажности экспериментальных образцов (ГОСТ Р 54928).

12.20.4 Расчетные сопротивления и модули упругости стальных элементов следует принимать по разделу 8.

12.21 Коэффициент линейного теплового расширения

12.21.1 Теоретические значения коэффициентов линейного теплового расширения α_1 , α_2 (направления в плоскости слоя) и α_3 (перпендикулярное к плоскости слоя направление) ламината с различной ориентацией армирующих волокон, следует определять с

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

использованием положений классической теории слоистых полимерных композитов [22,23].

12.21.2 Интегральный коэффициент линейного теплового расширения α_3 ламината, состоящего из нескольких армированных слоев, в направлении, перпендикулярном плоскости ламината, следует рассчитывать по формуле

$$\alpha_i = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \Delta_i}{\sum_{i=1}^n \Delta_i}, \quad (12.3)$$

где α_i – линейный коэффициент температурного расширения;

Δ_i – толщина слоя i -го слоя толщиной;

n – количество слоев ламината.

12.21.3 Допускается, на стадии вариантного проектирования, нормативные значения коэффициентов линейного теплового расширения α_1 , α_2 , α_3 принимать в соответствии с приложением 10.

12.21.4 Нормативные значения коэффициентов линейного теплового расширения полимерных композитов, принятые на стадии проектирования, должны быть в обязательном порядке подтверждены экспериментально при температуре испытаний $(18 \pm 3)^\circ\text{C}$ и нулевой влажности экспериментальных образцов (ГОСТ Р 54928).

12.21.5 Значения коэффициентов линейного теплового расширения стекловолокна следует принимать $5,0 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$.

12.22 Коэффициент теплопроводности

12.22.1 Коэффициент теплопроводности стекловолокна следует принимать равным $1,1 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$. Коэффициенты теплопроводности полиэфирных, винил эфирных и эпоксидных смол составляет $0,18 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$.

12.22.2 Допускается на стадии вариантного проектирования принимать нормативные значения коэффициентов теплопроводности

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

λ_1, λ_2 в направлении двух ортогональных направлений (1,2) в соответствии с приложением 11.

12.22.3 Нормативное значение коэффициента теплопроводности λ_3 в направлении (3), перпендикулярном плоскости слоев, армированных однонаправленными волокнами, в приложении 11 следует принимать значение λ_2 .

12.22.4 Интегральный коэффициент теплопроводности λ_1 и λ_2 в ортогональных направлениях плоскости ламината, при совпадении направлений армирования слоев с основными осями ламината, для различных типов армирования, следует рассчитывать по формуле

$$\lambda_{1,2} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{(1,2)i} \Delta_i}{\sum_{i=1}^n \Delta_i} \quad (12.4)$$

где $\lambda_{(1,2)i}$ – коэффициент теплопроводности i -ого слоя ламината в направлении (1) или (2).

12.22.5 В случае, если основные оси слоя ламината не совпадают с осями армирования слоя, коэффициенты теплопроводности каждого слоя в формуле (12.4) следует вычислять по зависимости:

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

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

где θ - угол между основными осями слоя (1 и 2) и осями (x и y) армирования слоя.

12.22.6 Интегральный коэффициент теплопроводности λ_3 в направлении, перпендикулярном плоскости ламината, состоящего из слоев с различными типами армирования, определяется по формуле

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i}{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta_i}{\lambda_{3i}}}, \quad (12.5)$$

где λ_{3i} – коэффициент теплопроводности i -ого слоя ламината в направлении (3), перпендикулярном плоскости слоя.

Расчеты

12.23 Общие положения

12.23.1 Расчет конструкций мостов из полимерных композитов, следует проводить в предположении их линейно-упругой работы аналитически или с использованием компьютерных программ с учетом деформаций изгиба и сдвига слоев ламината.

12.23.2 Геометрическую нелинейность, вызванную упругой деформацией несущих конструктивных элементов, следует учитывать в расчетах, если такой учет не вызывает изменений значений усилий и перемещений по сравнению с недеформированной моделью конструкции более чем на 5 %.

12.23.3 Рекомендуется для обеспечения комфортности перемещения пешеходов по мостам и путепроводам из полимерных композитов минимизировать упругие прогибы пролетных строений от временной вертикальной нагрузки.

12.23.4 Значения перемещений и усилий в несущих конструктивных элементах пешеходного моста из полимерных композитов следует определять из условия их работы с сечениями брутто. При этом в расчетах на прочность отдельных элементов, ослабленных отверстиями под болты, следует принимать их сечения нетто, а на устойчивость и жесткость – брутто.

12.23.5 Расчет стальных элементов, входящих в состав несущих конструктивных элементов композитного пешеходного моста, а также

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

расчет болтовых соединений следует выполнять в соответствии с разделом 8.

12.23.6 При расчетах болтовых соединений следует производить расчет на срез и смятие болтов и полимерного композита, с учетом перераспределения усилий между отдельными соединениями, входящими в состав многоболтового соединения, при отсутствии учета сил трения. Для элементов, ослабленных отверстиями под «черные» болты, при расчетах на прочность следует принимать сечения нетто, а на устойчивость и жесткость - сечения брутто. Геометрические характеристики сечения нетто элементов конструкций следует находить с учетом ослаблений.

12.23.7 Расчеты по предельным состояниям конструктивных элементов производятся на основании соблюдения критерия

$$S\gamma_f \leq R_S, \quad (12.6)$$

где R_S – расчетное сопротивление (деформация);

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

γ_f – коэффициент надежности по нагрузке.

12.23.8 Допускается на стадии вариантного проектирования определять расчетные сопротивления материала с использованием критерия предельной деформации по формуле:

$$R_S = 0,012 \cdot E$$

где: E – модуль упругости полимерного композита в расчетном направлении, в свою очередь, определяемый теоретически в соответствии с указаниями 12.20.1, 12.20.2.

12.23.9 Расчет пролетных строений на опрокидывание, сдвиг и отрыв от опорных частей, от усилий, возникающих при ветровом воздействии, следует производить в соответствии с 5.40, 5.41.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

12.23.10 Пропускную способность лотков из полимерных композитов с учетом их загрязнения и наличия замерзшей воды рекомендуется определять на основе положений [21] и настоящего свода правил.

12.23.11 Конструкция лотков проходной части должна быть рассчитана по прочности на действие сосредоточенной в зоне лотка нагрузки.

12.23.12 Конструкции подвесных лотков и подвесок должны быть рассчитаны по прочности на действие воды (льда) и прогибы, величина которых не должна превышать 1/300 свободной длины

12.24 Прочность

Расчет центрально растянутых (сжатых) элементов силой N , следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{A_n} \leq R_N^{t(c)} \quad (12.7)$$

где $R_N^{t(c)}$ - расчетное сопротивление растяжению (сжатию) по направлению действия силы N ;

A_n - площадь сечения с учетом ослабления отверстиями.

Расчет напряжений изгибаемых, внецентренно растянутых и внецентренно сжатых элементов следует выполнять по формуле

$$\frac{|N|}{A_n} + \frac{|M_x|}{\xi_x W_{nx}} + \frac{|M_y|}{\xi_y W_{ny}} \leq R_N^b, \quad (12.8)$$

где R_N^b - расчетное сопротивление изгибу по направлению действия силы N ;

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

N, M_x, M_y - расчетные значения продольной силы («+» растяжение) и изгибающих моментов в горизонтальной и вертикальной плоскостях;

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

ξ_x, ξ_y - коэффициенты, учитывающие дополнительные моменты от продольной сжимающей силы, рассчитывают по формуле

$$\xi_{x(y)} = 1 + \frac{N}{N_{ex(y)}} \leq 1, \quad (12.9)$$

где $N_{ex(y)}$ - критическая сила при потере устойчивости в плоскостях x, y расчетного сечения. Допускается принимать $\xi_{x(y)}=1$ при $\lambda_{x(y)} \leq 60$, где $\lambda_{x(y)}$ определяется по формуле (12.11).

Значение критической силы допускается вычислять по формуле

$$N_{ex(y)} = \varphi_{x(y)} R_N^c A \quad (12.10)$$

где $\varphi_{x(y)}$ - коэффициент продольного изгиба определяется при $e_{ef} \neq 0$ по формулам (12.17), (12.18).

Значения гибкостей $\lambda_{x(y)}$ в различных плоскостях конструктивного элемента, которому принадлежит рассчитываемое сечение, с учетом требований настоящего свода правил вычисляются для сплошного сечения по формуле

$$\lambda_{x(y)} = \frac{l_{efx(y)}}{i_{x(y)}}, \quad (12.11)$$

где $l_{efx(y)}$ - расчетная длина конструктивного элемента в плоскости изгиба с учетом фактических условий закрепления элемента в узлах и подвижности опорных закреплений, назначенная значения величины не могут быть не меньше значений, установленных 8.48 – 8.52 СП 35.13330 – 2011.

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

Значения касательных напряжений τ в сечении должны удовлетворять условию

$$\tau \leq R^s, \quad (12.12)$$

где R^s - расчетное сопротивление сдвигу.

Допускается вычислять значения τ по формуле

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

$$\tau = \frac{QS^{омс.}}{It}, \quad (12.13)$$

где $S^{омс.}$ - статический момент отсеченной части сечения;

I - момент инерции сечения брутто;

t - толщина стенки. При наличии ослаблений стенки отверстиями диаметра d , расположенных с шагом a , вместо значения t необходимо подставлять значение t_{ef} , которое рассчитывают по формуле (12.15).

Допускается для пултрузионных профилей значения τ определять по формуле

$$\tau = \frac{Q}{kA_{сд}}, \quad (12.14)$$

где k - коэффициент сдвига;

$A_{сд}$ - площадь сдвига.

$$t_{ef} = t \frac{a - d}{a}. \quad (12.15)$$

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 направлении осей x и y ;

τ - действующие напряжения сдвига в плоскости элемента;

$S_1 S_2$ - предельные напряжения в по направлению главных осей жесткости материала;

S_{12} - предельное сдвиговое напряжение слоя.

В зависимости от знака напряжений (растяжение «+», сжатие «-») в конструктивном элементе напряжения S_1, S_2, S_{12} определяются по зависимостям:

$$S_1 = \begin{cases} R_{1t}^t, & \sigma_x \geq 0 \\ R_{1c}^c, & \sigma_x < 0 \end{cases}, \quad S_2 = \begin{cases} R_{2t}^t, & \sigma_y \geq 0 \\ R_{2c}^c, & \sigma_y < 0 \end{cases}, \quad S_{12} = R^s \quad (2.16)$$

12.25 Устойчивость

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

$$\frac{N}{A} \leq \varphi R_N^C, \quad (12.17)$$

где R_N^C - расчетное сопротивление сжатию вдоль действия силы N ;

A - площадь сечения конструктивного элемента брутто;

φ - коэффициент продольного изгиба, зависящий от максимальной гибкости и эксцентриситета приложения нагрузки, определяемый экспериментально.

Допускается определять значение коэффициента φ по таблице 7.21 в зависимости от значений гибкости λ и приведенного относительного эксцентриситета e_{ef}

$$e_{ef} = \eta e_{rel} \quad (12.18)$$

где η - коэффициент формы сечения, определяемый по приложению Ф аналогично стали 10ХСНД;

$e_{rel} = e/\rho$ - 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 конструктивном элементе.

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

$$\sigma_{кр} = \frac{\pi^2}{12\gamma_E} \left(\frac{2t}{b} \right)^2 \left[\sqrt{q} (2\sqrt{E_1 E_2}) + p(E_2 \nu_{12} + 2G) \right], \quad (12.19)$$

где ν_{12} - коэффициент Пуассона;

E_1, E_2 - модули упругости;

G - модуль сдвига;

t, b - толщина и ширина сжатой зоны конструктивного элемента;

γ_E - коэффициент надежности для модуля упругости;

для двутаврового сечения по формуле

$$p = 0,3 + \frac{0,004}{\zeta - 0,5}; q = 0,025 + \frac{0,065}{\zeta + 0,4}; \zeta = \frac{2b_{ст}}{b},$$

где $b_{ст}$ - высота стенки конструктивного элемента;

для квадратных и прямоугольных труб по формуле

$$p = 2,0 + \frac{0,002}{\zeta - 1,3}; q = 1,0 + \frac{0,08}{\zeta + 0,2}; \zeta = \frac{b_{ст}}{b}.$$

12.26 Выносливость

Расчет на выносливость рекомендуется производить без учета коэффициента надежности по нагрузке в зависимости от асимметрии цикла ρ переменной нагрузки, который характеризуется отношением наименьших σ_{min} (со знаком «-» для сжатия) и наибольших σ_{max} (со знаком «+» для растяжения) напряжений.

Номинальное (теоретическое) значение расчетного числа циклов (N_f) переменной нагрузки с постоянной амплитудой до разрушения полимерного композита допускается определять по формулам:

- для симметричных нагрузок ($|\sigma_{min}| = |\sigma_{max}|$) с постоянной амплитудой ($\rho = -1$)

$$N_f = \left(\frac{R_c}{\sigma_\Delta} \right)^k, \quad (12.20)$$

где R_c – расчетное значение прочности полимерного композита при

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

растяжении;

σ_{Δ} – амплитуда напряжений, равная половине разности между максимальным σ_{max} (со знаком «+» для растяжения и «–» для сжатия) и минимальным значением напряжений σ_{min} (со знаком «+» для растяжения и «–» для сжатия) в конструктивном элементе;

k – значение первой производной функции «напряжение – количество циклов» полимерного композита при растяжении в системе десятичных логарифмических осей координат;

- для асимметричных нагрузок с постоянной амплитудой:

$$N_f = \left[\frac{R_p}{\sigma_{\Delta}} \left(1 - \frac{\sigma_{cp}}{R_{p/c}} \right) \right]^k \quad (12.21)$$

где σ_{cp} – среднее значение действующего в цикле;

$R_{p/c}$ – расчетная прочность полимерного композита на сжатие или растяжение, выбираемая, в зависимости от знака среднего значения напряжений (σ_{cp}), действующего в цикле.

Значение k определяется по результатам испытаний на выносливость. Допускается при проектировании использовать значения k в соответствии с таблицей 0.

Таблица 12.4а – Значения параметра k **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

Вид нагружения	Материал	Значение k
Постоянная амплитуда	Стекло/эпоксидная смола	10
	Стекло/полиэфир	9

Оценку выносливости конструктивного элемента при циклических нагрузках с переменными амплитудами допускается выполнять путем выделения и последующего суммирования (численное интегрирование) предельных состояний, каждое из которых имеет

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

одну и ту же величину амплитуды напряжений σ_{Δ} и значение ρ (правило Майнера):

$$D = \sum_i^M \frac{n_i}{N_i} \leq 1, \quad (12.22)$$

где M – количество отрезков времени с одинаковыми на данном отрезке значениями амплитуд напряжений σ_{Δ} и значений ρ ;

n_i – количество циклов внутри каждого отрезка времени с одинаковыми значениями амплитуд напряжений σ_{Δ} и значений ρ ;

N_i – максимальное допустимое (предельное) количество циклов для данных σ_{Δ} и ρ .

12.27 Ползучесть

Влияние ползучести на изменение модуля упругости рекомендуется производить с использованием номинального (теоретического) значения коэффициента K_3 (таблица 12.5) по формуле

$$K_3 = t^n, \quad (12.23)$$

где t – продолжительность действия нагрузки, ч;

n – показатель степени, зависящий от типа армирования, при расположении волокон по направлению нагрузки:

- $n = 0,01$ – для однонаправленно армированных слоев;

- $n = 0,04$ – для дву- или много направленно армированных слоев;

- $n = 0,1$ – для хаотично-армированных слоев (слоев из мата).

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Таблица 12.5 – Расчетные значения частного коэффициента K_3

Продолжительность действия нагрузки t , годы	Значение для показателя t^n для степени n		
	0,01	0,04	0,1
40 лет	1,14	1,67	3,59
100	1,15	1,73	3,93

Для слоистых полимерных композитов с различной ориентацией стекло волокон в слоях по отношению направлению действия нагрузки, допускается на предварительных этапах проектирования (с последующим экспериментальным подтверждением) определять обобщенный коэффициент надежности по ползучести ($K_{3\text{ об}}$) по формуле:

$$K_{3\text{ об}} = K_3 \cdot k' \quad (12.24)$$

где $K_{3\text{ об}}$ - обобщенный коэффициент надежности по ползучести;

K_3 – коэффициент надежности, по таблице 3;

k' – коэффициент, равный отношению деформаций ламината без учета работы волокон, которые расположены не в направлении действия нагрузки, к деформациям ламината с полным учетом всех армирующих его волокон.

Для различных типов армирования слоистых стеклокомпозитов, например, комбинацией однонаправленных слоев, ткани или мата, следует определять значение суммарного показателя степени n .

Включение в работу каждого типа армирования определяются путем перемножения, соответствующего данному типу армирования показателя n , на толщину слоя и на процентное содержания волокон в этом слое с последующим делением полученного значения на произведение суммы толщин всех слоев, умноженных на процентное содержание в них волокон (только для ламелей с волокнами,

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

ориентированными по направлению долговременной деформации). Двухнаправленно-армированные и разнонаправленно-армированные ламинаты должны рассматриваться в качестве пакета однонаправленно-армированных слоев с различной ориентацией волокон.

12.28 Деформации

В качестве нормативных значений модуля упругости допускается принимать средние значения модуля упругости $E_{cp} = E_n$.

Значения прогибов вычисляются с учетом ослаблений сечений болтами.

Расчетные значения прогибов в течение всего периода эксплуатации принимаются равными (м):

- пролетные строения не более $1/400 L$ (L – расчетная длина в м);
- прогибы конструктивных элементов (лестничных ступеней, настилов) в поперечном направлении не более $1/300 L$.

Рекомендуется для пролетных строений на стадии изготовления создавать строительный подъем, значения которого должны быть не менее 0,1% длины пролета.

Расчеты перемещений пролетного строения и его элементов от температурных воздействий производятся аналогично металлическим конструкциям.

12.29 Расчет колебаний

Расчетные значения модуля упругости определяются в соответствии с 12.16.

12.30 Сопротивление прогрессирующему обрушению

Конструкция и материал конструктивных элементов должны проектироваться с учетом недопущения возможности прогрессирующего обрушения при выходе из строя одного или

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

нескольких конструктивных элементов пешеходного моста в случае экстремальных природных или техногенных воздействий. При этом устойчивость конструкций к прогрессирующему разрушению допускается производить определять с учетом предельного состояния по трещиностойкости каждого отдельного слоя ламината конструктивного элемента отдельного конструктивного по неравенству 12.6.

12.31 Расчет болтовых соединений

12.31.1 Прочность болтовых соединений конструктивных элементов определяется прочностью болтов и собственно прочностью полимерного композита. При этом при вычислении геометрических характеристик сечения нетто конструктивного элемента учитывается ослабление его сечения отверстием диаметром d'

$$d' = \max\{d_{om}; d + 2\}, \quad (12.25)$$

где d_{om} – диаметр отверстия, мм;

d – диаметр болта, мм.

Расчетное усилие N_b , воспринимаемое одним болтом определяются как наименьшее из двух значений, вычисленных по формулам:

- на смятие:

$$N_b = m_b m_{b1} d t R_N^c, \quad (12.26)$$

где m_b – коэффициент условий работы, принимаемый по приложению У;

m_{b1} – коэффициент условий работы, принимаемый равным 0,9 (таблица 8.15);

d – диаметр болта;

t – толщина конструктивного элемента;

R_N^c – расчетное сопротивление сжатию по направлению действия силы N .

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

- на сдвиг:

$$N_b = m_b m_{b1} dt R_N^{sb} \cdot 2 \left(\frac{e}{d} - \frac{1}{2} \right), \quad (12.27)$$

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

R_N^{sb} – расчетное сопротивление сдвига по направлению действия силы N .

12.31.2 Для много болтового соединения, усилия, действующие на болтовое соединение, распределяются по отдельным болтам пропорционально их жесткости.

Усилие в болте от осевой нагрузки:

$$P_{ij} = \frac{P_j}{N}, \quad (12.28)$$

где j - индекс направления x и y ;

N – число болтов;

P_j - суммарная нагрузка в j -ом направлении.

Усилия в болте от момента в плоскости соединения:

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

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

где $k\varphi$ – константа;

γ – отношение модулей упругости полимерного композита в продольном (x) и поперечном (y) направлениях;

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

Константа $k\varphi$, определяемая из уравнения равновесия моментов:

$$k\varphi = \frac{M}{\sum_{i=1}^N r_i^2 (\gamma \cos^2 \alpha_i + \sin^2 \alpha_i)}, \quad (12.29)$$

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

где M – суммарный момент относительно центра тяжести болтового соединения;

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

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

$$\sqrt{\left(\frac{N_x}{N_{bx}}\right)^2 + \left(\frac{N_y}{N_{by}}\right)^2} \leq 1 \text{ или} \quad (12.30)$$

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

где N_x и N_y – расчетные усилия на болт в направлениях параллельном и перпендикулярном продольной оси конструктивного элемента;

N_{bx} и N_{by} – предельно допустимые усилия на болт, определяемые по формулам 12.27, 12.28 в направлениях, параллельном и перпендикулярном продольной оси конструктивного элемента.

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

Конструирование

12.32 Пролетные строения

12.32.1 Поверхности всех конструктивных элементов пролетных строений из полимерных композитов должны быть защищены от воздействия климатических факторов (ультрафиолетового излучения, влажности и др.) полимерным покрытием, наносимым преимущественно, в заводских условиях.

12.32.2 Рабочие поверхности проходной части пролетных строений и лестничных сходов должны быть защищены

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

износостойким, противоскользящим покрытием, удовлетворяющим требованиям по морозостойкости ГОСТ 10060 и истираемости ГОСТ 13015, наносимым преимущественно, в заводских условиях и обеспечивающим удобство передвижения пешеходов.

12.32.3 Для всех конструктивных элементов входящих в состав пролетных строений и сходов пешеходных мостов и путепроводов, выполненных из полимерных композитов, должны быть обеспечены требования к пределам огнестойкости строительных конструкций, исходя из обеспечения безопасной эвакуации людей, находящихся на мосту.

12.32.4 Армирование матами плит и стенок балок не допускается.

12.32.5 Допускается армирование конструктивных элементов балок, например, поперечных диафрагм, матами только в их сочетании с другими типами армирующих наполнителей.

12.32.6 Узлы опирания пролетных строений на опоры должны предотвращать отрыв пролетного строения от опор под действием сейсмических, ветровых и др. сдвигающих пролетное строение нагрузок, в том числе, от действия воздушных масс от проходящего под путепроводом транспорта.

12.32.7 Цельно перевозимые балки и блоки ферм пролетных строений должны содержать элементы, обеспечивающие крепление перил, свето - прозрачного ограждения и других обустройств, необходимых для обеспечения проектной эксплуатации пролетного строения.

12.32.8 При проектировании несущих конструктивных элементов пролетных строений, изготовленных методом инфузии рекомендуется, чтобы ламинат содержал ламели, в которых чередуются направления армирующих волокон, (например: 0° , $+45^\circ$, -45° , 90° - (рисунок 12.1).

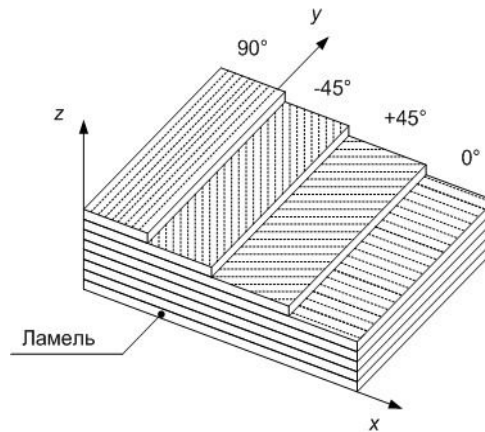


Рисунок 12.1 – Пример строения ламината конструктивных элементов

12.32.9 Минимальная толщина листа пултрузионного профиля пролетных строений для одиночных несущих конструктивных элементов должна быть не менее 7,0 мм и не менее 3,5 мм для составных элементов.

12.32.10 Допускается применение в составе ферм, несущих конструктивных элементов и узлов из нержавеющей стали с использованием болтовых и сварных соединений.

12.32.11 Рекомендуется для пролетных строений на стадии изготовления создавать строительный подъем в соответствии с 5.44.

12.33 Лестничные сходы и ограждающие конструкции

12.33.1 Конструкции лестничных сходов должны содержать элементы, обеспечивающие крепление перил, свето - прозрачной галереи и других обустройств, необходимых для обеспечения проектной эксплуатации мостового сооружения.

12.33.2 Конструкции лестничных сходов, узлы крепления перил и элементов свето - прозрачных галерей к несущим конструкциям следует выполнять в соответствии с 5.62.

12.34 Стыковые соединения

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

12.34.1 Конструкция стыков конструктивных элементов должна обеспечить минимальную передачу сдвиговых усилий на полимерный композит.

12.34.2 Узлы опирания конструктивных элементов с использованием анкерных болтов должны удовлетворять требованиям СП 43.13330.

12.34.3 Допускается применение в узлах соединений пултрузионных профилей:

- сталей марок 04X18H9T, 04X18H10T, 08X18H9T, 08X18H10T, 12X18H9T, 12X18H10T (зарубежный аналог – сталь марки AISI- 321) по ГОСТ 5582, ГОСТ 7350, сортамент по ГОСТ 19903, ГОСТ 19904, сталь 10X17H13M2 по ГОСТ 5632, (зарубежный аналог – сталь марки AISI 316) с использованием следующих способов сварки: РДС, АрДС. 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) по ГОСТ 9466;

- болтов, гаек и шайб из стали марок 08X18H9, 12X18H10T, 12X18H9, 12X18H9T, 12X18H10, 08X18H10T, 03X18H11 по ГОСТ 5632. 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 ограждений моста из стали марок Ст.3 и Ст.20 по ГОСТ 7350, сортамент по ГОСТ 19903, ГОСТ 19904.

12.34.4 Допускается вместо болтовых анкерных соединений применять соединения с закладными анкерными гайками, а также пластины с гайками.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

12.34.5 Допускается для повышения эксплуатационной надежности узлов болтовых соединениях, применять болты с полукруглой или «чечевичной» головкой.

12.34.6 Момент затяжки болтов в узлах соединений конструктивных элементов 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.

12.34.7 Применение болтов без затяжки не допускается.

12.34.8 Следует избегать контакта резьбы болта с материалом полимерного композита.

12.34.9 В расчетах болтового соединения на смятие, при размещении части резьбы болта внутри отверстия конструктивного элемента, расчетная толщина указанного конструктивного элемента должна быть уменьшена на величину размещенного внутри отверстия участка резьбового соединения.

12.34.10 Допускается, в случае невозможности выполнения этого требования, в отверстие устанавливать втулку с возможным использованием фланца с размерами:

- внутренний диаметр втулки на один миллиметр больше диаметра болта;
- наружный диаметр цилиндрической части втулки на 2,0 мм больше ее внутреннего диаметра;
- диаметр фланца превышает удвоенный наружный диаметр цилиндрической части втулки.

12.34.11 Рекомендуется устанавливать втулки на клею холодного отверждения.

12.35 Водоотводные лотки и настилы

12.35.1 Водопропускные лотки из полимерных композитов следует устанавливать на пешеходных пролетных строениях мостов,

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

выполненных, в том числе из традиционных материалов, в случаях, когда на таких сооружениях не предусмотрено свето - прозрачное покрытие.

12.35.2 Отвод воды с проходной части моста и крепление подвесных лотков к пролетному строению следует осуществлять в соответствии с 5.77.

12.35.3 Конструкцию лотков проходной части и их размещение следует производить в соответствии с требованиями проекта.

12.35.4 Допускается конструктивное выполнение секций лотков с уклоном дна не менее 0,5%.

12.35.5 Рекомендуется стыки секций подвесных лотков осуществлять с использованием заклепок, защищенным от коррозии по ГОСТ 9.307-89, а также с использованием термо- и влагостойкого герметика. Перепад высот поверхности днища стыкуемых секций не должен превышать 6,0 мм.

12.35.6 Предельные прогибы настилов проходной части не должны превышать 1/400 пролета настила.

12.35.7 Рабочая поверхность настилов должна содержать наносимое преимущественно в заводских условиях защитное покрытие, которое должно обеспечивать стойкость полимерного композита к внешним воздействиям, в частности истиранию (см. Приложение 8).

12.36 Допустимые отклонения размеров конструктивных элементов от проектных величин

12.36.1 Для пролетных строений и настилов значения допустимых отклонений от проектных размеров следует определять по таблице 12.6 в соответствии с ГОСТ 26433.1, ГОСТ 26877.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Таблица 12.6 – Допустимые отклонения размеров и формы конструктивных элементов пролетных строений и настилов от проектных значений

Наименование отклонения	Предельное отклонение, мм
1. Отклонение длины балки или фермы, при длине L, м: до 50 включительно свыше 50	± 10 $0,0002L$
2. Отклонение расстояний между соседними узлами ферм или связей решетки при расстоянии l , м: до 9 включительно свыше 9	$0,0003l$ ± 3
3. Отклонение от проектных значений величин строительного подъема пролетного строения, h, мм: до 100 включительно свыше 100	± 10 $\pm 0,1h$
4. Отклонение от проектного положения в плане оси главной балки или фермы при пролете L	$0,0002L$

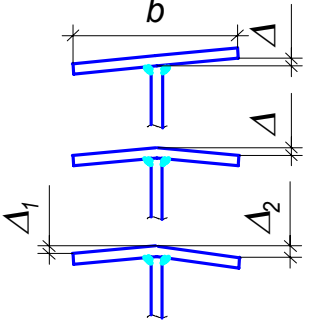
Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Продолжение таблицы 12.6

Наименование отклонения	Предельное отклонение, мм
5. Отклонение в плане узла от прямой, соединяющей два соседних с ним узла при длине L	0,001L
6. Отклонение расстояний между осями вертикальных стенок балок	± 4
7. Отклонение расстояний между смежными вертикальными ребрами жесткости, а также отклонение расстояний между поперечными балками	±2
8. Отклонение расстояний между осями продольных ребер в зоне стыков и пересечений с поперечными балками - на других участках	±2 ±4
9. Отклонения по высоте балок в зоне стыков	±2
10. Допускаемый выгиб осей элементов длиной l : -отдельных элементов главных ферм, балок, балок настила; -элементов связей	0,001 l но не более 10мм 0,0015 l но не более 15мм

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Окончание таблицы 12.6

Наименование отклонения	Предельное отклонение, мм
<p>11. Грибовидность, перекос, грибовидность с перекосом поясов балок, коробчатых профилей, плит (для коробчатых профилей и плит b - величина свободного свеса пояса или настила, для двутавровых балок - ширина пояса)</p> <p>11.1 В стыках, в местах сопряжения балок с другими элементами, в зонах установки опорных частей</p>	 <p>$b/200$, но не более 1 мм</p>
11.2 На других участках	$b/100$ при $\Delta_1 - \Delta_2 \leq 3$ мм

12.36.2 Для лотков предельно допустимые отклонения от проектных размеров приведены в таблице 12.7.

Таблица 12.7 – Допустимые отклонения размеров лотка от проектных значений

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

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Приложение А «Нормативные ссылки» дополнить ссылками:

«- ГОСТ Р 52751-2007 Плиты из сталефибробетона для пролетных строений мостов. Технические условия

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

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

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

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

- ГОСТ 25.604-82 Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на изгиб при нормальной, повышенной и пониженной температурах

- ГОСТ 4648-71 Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб

- ГОСТ 4650-80 Пластмассы. Метод определения водопоглощения

- ГОСТ 4651-82 Пластмассы. Метод испытания на сжатие

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

- ГОСТ 5949-75 Сталь сортовая и калиброванная коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия

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

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

- ГОСТ 9.307 – 89 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля

- ГОСТ 9466-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия

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

- ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости

- 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 14098-91 Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры

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

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

- ГОСТ 16782-92 Пластмассы. Метод определения температуры хрупкости при ударе

- ГОСТ 19903-74 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент

- ГОСТ 19904-90 Прокат листовой холоднокатаный. Сортамент

- ГОСТ 23630.2-79 Пластмассы. Метод определения теплопроводности

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

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

- ГОСТ 26877-2008Metalлопродукция. Методы измерений отклонений формы
- ГОСТ 31938-2012 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия
- СП 43.13330.2012 «СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий»
- СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий»
- СП 79.13330.2012 «СНиП 3.06.07-86 Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний»;

Заменить ссылки:

- ГОСТ 9128-97 на ГОСТ 9128-2009;
- ГОСТ 10922-90 Арматурные и закладные изделия сварные, соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Общие технические условия на ГОСТ 10922-2012 Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязаные и механические соединения для железобетонных конструкций. Общие технические условия;

- ГОСТ 23279-85 на ГОСТ 23279-2012;
- ГОСТ 25100-95 на ГОСТ 25100-2011;
- ГОСТ 26633-91 на ГОСТ 26633-2012;
- ГОСТ 26804-86 на ГОСТ 26804-2012;

Исключить ссылки:

- ГОСТ 10060.0-95 Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие требования
- ГОСТ 10060.1-95 Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости
- ГОСТ 10060.2-95 Бетоны. Ускоренные методы определения морозостойкости при многократном замораживании и оттаивании

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

- ГОСТ 10060.3-95 Дилатометрический метод ускоренного определения морозостойкости
- ГОСТ 19292-73 Соединения сварные элементов закладных деталей сборных железобетонных конструкций
- ГОСТ 27751-88* Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету

Приложение Б «Термины и определения». Дополнить терминологическими статьями:

«внешнее армирование композитными материалами: Система приклеенных к поверхности железобетонной конструкции ламинатов, тканей или лент, включающаяся в совместную работу конструкции.

водоотводный лоток (лоток): Водопроводящая конструкция незамкнутого поперечного сечения для сбора воды и ее пропуска вдоль пролетного строения.

ламинат: Готовые для устройства внешнего армирования конструкций ленты различной толщины и ширины, изготовленные в заводских условиях путем пропитки и прессования.

настил: Несущий элемент проходной части пролетного строения моста, по которому осуществляется движения пешеходов.

обобщенный коэффициент надежности по материалу: Коэффициент, учитывающий суммарное влияние всех факторов (выраженных коэффициентами сохранения свойств) температуры, влажности, ползучести, усталости, морозостойкости, климатического старения на снижение физико-механических свойств полимерных композитов в процессе эксплуатации сооружения.

пешеходный мост: Инженерное сооружение, состоящее из опор и пролетных строений, предназначенное для пропуска пешеходов через препятствия.

усиление железобетонных конструкций: Конструктивные мероприятия, направленные на обеспечение несущей способности и эксплуатационной пригодности конструкции при увеличении действующих на нее нагрузок.

фибра: Смесь полимерных коротких волокон, равномерно распределенных в бетоно-матрице.

фибробетон: Тяжелый или мелкозернистый бетон на плотных заполнителях (бетоно-матрица), армированный равномерно распределенными в его объеме полимерными фибрами».

Приложение В «Обозначения». Заменить слова: «В разделе 7 «Бетонные и железобетонные конструкции» на «В разделе 7 «Бетонные, железобетонные и фибробетонные конструкции»;

Обозначения к разделу 7 дополнить обозначениями:

«Неметаллическая композитная арматура

АСК – арматура стеклокомпозитная;

АБК – арматура базальтокомпозитная».

Свод правил дополнить новым приложением 6:

Приложение 6

(обязательное)

Физико-механические параметры композитных конструктивных элементов и методы их определения

Таблица 6.1 – Параметры полимерных композитов и методы их определения

Свойства	Метод определения
Вид напряженного состояния	
Растяжение в направлениях 0° и 90°	ГОСТ 32656

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Окончание таблицы 6.1

Свойства	Метод определения
Сжатие в направлениях 0° и 90°	ГОСТ 4651
Изгиб в направлениях 0° и 90°	ГОСТ 4648
Межслоевой сдвиг	ГОСТ 32659
Характеристики жесткости	
Модуль упругости при растяжении в направлениях 0° и 90°	ГОСТ 32656
Модуль упругости сдвига слоев	ГОСТ 32658
Модуль упругости при сжатии и коэффициент Пуассона в направлениях 0° и 90°	ГОСТ 25.602
Физические характеристики	
Плотность	ГОСТ 15139
Водопоглощение	ГОСТ 4650
Коэффициент теплопроводности	ГОСТ 23630.2
Коэффициент линейного теплового расширения	ГОСТ 32618.2
Температура упругой деформации	ГОСТ 32657
Температура хрупкости	ГОСТ 16782

* Приложение является обязательным для квалификационных, приемо-сдаточных и периодических испытаний конструктивных элементов.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Свод правил дополнить новым приложением 7:

Приложение 7
(рекомендуемое)

**Механические характеристики полимерных композитных
материалов, изготовленных методом пултрузии**

Таблица 7.1 – Значения нормативных сопротивлений
пултрузионных профилей

Вид напряженного состояния		Значения нормативных сопротивлений, МПа	
		Масса 1800 кг/м ³	Масса 2000 кг/м ³
Растяжение	Продольное (1)	184,1	260,8
	поперечное (2)	38,4	38,5
Сжатие	продольное (1)	150,8	191,9
	поперечное (2)	55,3	79,0
Изгиб	продольное (1)	184,1	214,8
	поперечное (2)	76,7	76,7
Сдвиг		20,7	20,7
Скалывание при расчете соединений	продольное (1)	29,1	29,1
	поперечное (2)	19,2	19,2

Таблица 7.2 – Параметры жесткости пултрузионных профилей

Параметр жесткости	Значение
Модуль упругости при растяжении профилей с толщиной стенки более 10 мм (в продольном направлении), МПа (E_1)	28 000
Модуль упругости при растяжении	23 000

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Окончание таблицы 7.2

Параметр жесткости	Значение
профилей с толщиной стенки менее 10 мм (в продольном направлении), МПа (E_1)	
Модуль упругости при растяжении профилей, используемых для изготовления настила (в продольном направлении), МПа (E_1)	22 000
Модуль упругости в поперечном направлении, МПа (E_2)	8 500
Модуль сдвига, МПа (G)	3 000
Коэффициент Пуассона (в продольно-поперечном направлении) (ν_{12})	0,23
Коэффициент Пуассона в поперечном направлении (ν_{21})	0,09

Свод правил дополнить новым приложением 8:

Приложение 8
(рекомендуемое)

Коэффициенты надежности по материалу

Значения коэффициентов надежности, которые могут быть использованы при проектировании, приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Значения частных коэффициентов надежности по характеристике материала

Характеристика материала	Рекомендуемое значение частного коэффициента
Морозостойкость	1,1
Влагостойкость	1,3
Термостойкость	1,2
Климатическое	1,3
Ползучесть	1,37 – 2,50 (среднее значение 1,66)
Выносливость	1,1
Истираемость	менее 10,0 мм ³ /м

Свод правил дополнить новым приложением 9:

Приложение 9
(рекомендуемое)
Модули упругости

Нормативные значения модулей упругости E_1 и E_2 (ГПа), модуля сдвига G_{12} (Гпа), а также значения коэффициента Пуассона ν_{12} для слоев ламината, армированных продольно и поперечно расположенными волокнами представлены в таблице 9.1.

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Таблица 9.1 – Нормативные характеристики жесткости

Слои ламината, армированные волокнами	V_f	E_1 [ГПа]	E_2 [ГПа]	G_{12} [ГПа]	ν_{12}
Нормативные значения характеристик жесткости слоя, армированного однонаправленными волокнами	40%	29,9	8,6	2,7	0,3
	45%	33,3	9,7	3	0,3
	50%	36,6	11	3,4	0,3
	55%	39,9	12,4	3,8	0,3
	60%	43,3	14,2	4,4	0,3
	65%	46,6	16,2	4,9	0,3
	70%	49,9	18,7	5,8	0,3
Нормативные значения характеристик жесткости слоя, армированного перекрестно расположенными волокнами с одинаковым содержанием волокон по двум ортогональным направлениям	25%	12,5	12,5	2	0,2
	30%	14,4	14,4	2,1	0,2
	35%	16,4	16,4	2,3	0,2
	40%	18,4	18,4	2,6	0,2
	45%	20,6	20,6	2,9	0,2
	50%	22,8	22,8	3,3	0,2
	55%	25,1	25,1	3,6	0,2
	10%	5,6	5,6	2,1	0,3
Нормативные значения характеристик жесткости слоя, армированного матом из непрерывных волокон	12,5%	6,3	6,3	2,4	0,3
	15%	6,9	6,9	2,6	0,3
	17,5 %	7,6	7,6	2,8	0,3
	20%	8,3	8,3	3,1	0,3
	25%	9,6	9,6	3,6	0,3
	30%	11,1	11,1	4,2	0,3

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Свод правил дополнить новым приложением 10:

Приложение 10
(рекомендуемое)

Коэффициенты теплового линейного расширения

Нормативные значения коэффициентов теплового линейного расширения для слоев ламината ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$) и смол (α_m), армированных продольно и поперечно расположенными волокнами, представлены в таблицах 10.1-10.2.

Таблица 10.1 – Значения коэффициентов теплового линейного расширения α_1, α_2 и α_m

Слои ламината, армированные волокнами	V_f	$\alpha_m = 50 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$		$\alpha_m = 120 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$	
		$\alpha_1 [10^{-6} \text{K}^{-1}]$	$\alpha_2 [10^{-6} \text{K}^{-1}]$	$\alpha_1 [10^{-6} \text{K}^{-1}]$	$\alpha_2 [10^{-6} \text{K}^{-1}]$
Нормативные значения коэффициентов теплового линейного расширения α_1, α_2 в плоскости слоя, армированного однонаправленными волокнами	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
Нормативные значения коэффициентов теплового линейного расширения α_1, α_2 в плоскости слоя, армированного перекрестно расположенными волокнами	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

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

Окончание таблицы 10.1

Слои ламината, армированные волокнами	V_f	$\alpha_m = 50 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$		$\alpha_m = 120 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$	
		$\alpha_1 [10^{-6} \text{K}^{-1}]$	$\alpha_2 [10^{-6} \text{K}^{-1}]$	$\alpha_1 [10^{-6} \text{K}^{-1}]$	$\alpha_2 [10^{-6} \text{K}^{-1}]$
Нормативные значения коэффициента теплового линейного расширения α_1, α_2 в плоскости слоя, армированного матом из непрерывных волокон	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

Таблица 10.2 – Значения коэффициентов теплового линейного расширения α_3 и α_m

Слои ламината, армированные волокнами	V_f	$\alpha_m = 50 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$	$\alpha_m = 120 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$
		$\alpha_3 [10^{-6} \text{K}^{-1}]$	$\alpha_3 [10^{-6} \text{K}^{-1}]$
Нормативные значения коэффициента теплового линейного расширения α_3 из плоскости слоя, армированного перекрестно расположенными волокнами с одинаковым содержанием волокон по двум ортогональным направлением	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
Нормативные значения коэффициента теплового линейного расширения α_3 из плоскости слоя, армированного матом из непрерывных волокон	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

Свод правил дополнить новым приложением 11:

Приложение 11**(справочное)****Коэффициенты теплопроводности**Таблица 11.1 – Значения коэффициентов теплопроводности λ_1 и λ_2

Слои ламината, армированные волокнами	V_f	λ_1 [Вт/м*К]	λ_2 [Вт/м*К]
Нормативные значения коэффициентов теплопроводности λ_1 и λ_2 в плоскости слоя, армированного однонаправленными волокнами	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
Нормативные значения коэффициентов теплопроводности λ_1 и λ_2 в плоскости слоя, армированного перекрестно расположенными волокнами	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
Нормативные значения коэффициентов теплопроводности λ_1 и λ_2 в плоскости слоя, армированного матом из непрерывных волокон	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

Таблица 11.2 – Значения коэффициента теплопроводности λ_3

Слои ламината, армированные волокнами	V_f	λ_3 [Вт/м*К]
Нормативные значения коэффициента теплопроводности λ_3 из плоскости слоя, армированного перекрестно расположенными волокнами	25%	0,25
	30%	0,26
	35%	0,28
	40%	0,31
	45%	0,33
	50%	0,36
	55%	0,40
Нормативные значения коэффициента теплопроводности λ_3 из плоскости слоя, армированного матом из непрерывных волокон	1	3
	10%	0,20
	15%	0,21
	1	3
	20%	0,23
	25%	0,25
	30%	0,26

Библиографию дополнить новыми ссылочными документами:

- [21] СП 40-102-2000 Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов
- [22] Рекомендации 96 Применениепластмассармированныхволоконвнесущихконструкцияхзданийисооружений» («Aanbeveling 96.Vezelversterktekunststoffeninciviele draagc

Продолжение ИЗМЕНЕНИЯ СП 35.13330.2011

- onstruities»)
- [23] СТО 83269053-001-2010 Применение в транспортном строительстве неметаллической композитной арматуры периодического профиля
- [24] СТО 13429727-001-2013 Конструкции фибробетонные с использованием полимерных волокон «ВСМ-Бетон» для объектов транспортного строительства. Технические условия
- [25] СТО 35203022-001-2013 Конструкции фибробетонные с использованием полимерных волокон «ArmaFiber®» для объектов Транспортного строительства. Технические условия