

ГРУППА КОМПАНИЙ РУССКОМПОЗИТ



ООО "Руссинтэк"

ул. Профсоюзная, д. 23, Москва, 117997
Тел./факс: +7 (495) 419-01-64
info@russintek.ru; www.russintek.ru

ОГРН 108774604473 / ОКПО 84701280
ИНН 7727637980 / КПП 772701001

УДК 624.011.78, 624.012.6

№ государственной регистрации 115021210072

Инв. №

Утверждаю

Заместитель генерального директора
по технической политике

Е.Ю. Крашенинин

2015 год



ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**Разработка альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением
цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов
(первая редакция документа)**

по теме:

**РАЗРАБОТКА АЛЬБОМА ТИПОВЫХ РЕШЕНИЙ ЦЕЛЬНОМОНОЛИТНЫХ ПРОЛЕТНЫХ
СТРОЕНИЙ ПЕШЕХОДНЫХ МОСТОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**


**Государственный контракт № ФДА 47/401 от 31 октября 2014 года
(третий этап, промежуточный)**

Москва 2015

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

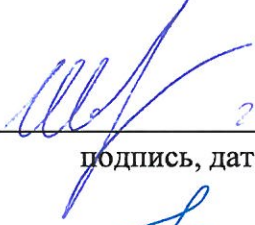
Руководитель темы:

Заместитель генерального
директора по технической
политике



_____ 27.04.15 Е.Ю. Крашенинин
подпись, дата

Исполнители темы:


Директор департамента
научно-технических
разработок


_____ 27.04.15 В.С. Шиковский
подпись, дата

Ведущий специалист



_____ 27.04.15 К.М. Гребенюк
подпись, дата

Ведущий специалист


_____ 27.04.15 В.Б. Грачев
подпись, дата

Нормоконтролер:

Ведущий специалист


_____ 27.04.15 И.В. Никитин
подпись, дата

РЕФЕРАТ

Отчет 98 с, 4 формулы, 4 рисунка, 2 таблицы, 5 источников.

ПРОЛЕТНЫЕ СТРОЕНИЯ, ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ, ЦЕЛЬНОМОНОЛИТНЫЕ ПРОЛЕТНЫЕ СТРОЕНИЯ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ, НАДЗЕМНЫЙ ПЕШЕХОДНЫЙ ПЕРЕХОД

Объектом исследования являются цельномонолитные пролетные строения из полимерных композитов для надземных пешеходных переходов.

Целью третьего этапа научно-исследовательской работы является разработка альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов на основе выбранных критериев унификации данных конструкций.

В процессе работы подготовлен альбом типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Разработка первой редакции проекта альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов.....	6
2 Расчет элементов конструкций цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов.....	8
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	15
Список использованных источников	16
Приложение А Первая редакция проекта альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов.....	17
Приложение Б Пояснительная записка к первой редакции проекта альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов.....	35
Приложение В Расчет строительных конструкций по теме «Разработка математической модели методом конечных элементов пролетного строения пешеходного моста длиной 18.0 м шириной прохожей части 2.25м с использованием различных элементов из ПКМ».....	39

ВВЕДЕНИЕ

В практику зарубежного и отечественного строительства мостовых сооружений все больше входит применение цельномонолитных пролетных строений из полимерных композиционных материалов, которые превосходят традиционные по большинству параметров.

Опыт успешного применения этих конструкций показал их конкурентные преимущества по сравнению с металлическими и бетонными: они имеют малый вес при высокой прочности и надежности; обладают высокой стойкостью к коррозии и агрессивным средам и, как следствие, повышенной долговечностью; они имеют короткий технологический цикл изготовления, монтажа и ремонта; у них низкие эксплуатационные расходы; они имеют рабочий температурный режим в пределах от плюс 60°С до минус 60°С; отсутствует вредное воздействие на окружающую среду.

Цельномонолитные пролетные строения из полимерных композитных материалов являются конструкциями индивидуального проектирования, что обусловлено отсутствием базы типовых конструкций надземных пешеходных переходов над автомобильными дорогами, и в свою очередь приводит к увеличению сроков проектирования и вводом сооружения в эксплуатацию в целом.

Учитывая преимущества применения в конструкциях надземных пешеходных переходов цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов, в целях повышения эффективности строительства, появляется необходимо разработать типовые решения таких конструкций для дальнейшего внедрения в производство.

Разработка настоящего альбома типовых решений упростит их проектирование, уменьшит количество трудоемких инженерных расчетов и, как следствие, значительно сократит длительность проектирования, а также расширит область применения данных конструкций при строительстве и ремонте надземных пешеходных переходов.

1 Разработка первой редакции проекта альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов

На третьем этапе научно-исследовательской работы была разработана первая редакция альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов.

Полученные результаты первого и второго этапов настоящей научно-исследовательской работы: анализ существующих конструктивных решений и перспектив производства в России конструкций пролетных строений из полимерных композитов, программа и отобранные в соответствии с разработанными критериями конструктивные решения сформировали основу для разработки первой редакции проекта альбома типовых решений.

Первая редакция проекта альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов направлена на рецензию в следующие организации:

- ОАО «Тверьстеклопластик»;
- ФКУ «Центравтомагистраль»;
- ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»;
- «Инженерно-строительный институт Сибирского федерального университета (ИСИ СФУ).

Также первая редакция проекта альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов направлена в Технический комитет по стандартизации ТК 418 «Дорожное хозяйство» для получения экспертного заключения.

После получения рецензий и предложений от выше указанных организаций на четвертом этапе научно-исследовательской работы будет сформирована окончательная редакция альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов.

Проект альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов представлен в приложении А.

Пояснительная записка к проекту альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов с описанием всех предпосылок для расчета представлена в приложении Б.

2 Расчет элементов конструкций цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов

Расчет конструкции цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов для надземных пешеходных переходов выполнен методом конечных элементов с использованием программного комплекса MSC.Nastran.

В расчете учитываются основные физико-механические характеристики стеклокомпозитов. Нагрузки применяются, с учетом соответствующих коэффициентов надежности, принятых по СП 35.13330.2011 [1] для элементов конструкции из полимерных композиционных материалов. Также при расчетах принимаются во внимание поправочные коэффициенты, учитывающие ухудшение свойств материала в процессе эксплуатации.

Основное неравенство для расчёта элементов конструкции пролетного строения надземного пешеходного перехода из полимерных композиционных материалов записывается в следующем виде:

$$\gamma_n * \sum(S_i * \gamma_{fi}) \leq \frac{R}{\gamma_m \gamma_c} \quad (1)$$

где: S – напряжения (деформации) от нормативных величин нагрузок;

R – нормативное сопротивление (или предельная деформация) композитного материала;

γ_f – коэффициент надёжности по нагрузке;

$\gamma_n=1,1$ – коэффициент надежности по ответственности;

γ_m – коэффициент надежности по материалу;

γ_c – коэффициент, учитывающий падение свойств материала в процесс эксплуатации.

$$\gamma_m = \gamma_{m,1} * \gamma_{m,2} \quad (2)$$

где: $y_{m,1} = 1,35$ – коэффициент, учитывающий систематическую погрешность при экспериментальном определении свойств материала либо неточность математических моделей при расчётном определении свойств;

$y_{m,2} = 1,2$ – коэффициент, учитывающий нестабильность свойств материала в конструкции при изготовлении. Значение коэффициента $y_{m,2} = 1,2$, принято поскольку композитные элементы конструкции изготавливаются методом вакуумной инфузии с постотверждением.

$$R = R_m \cdot (1 - 2,0 \cdot \vartheta) \quad (3)$$

где: R_m – среднее значение сопротивления материала;

$\vartheta = 0,13$ – коэффициент вариации (при отсутствии экспериментальных данных испытаний образцов материала).

Расчетные значения параметров жесткости определяются следующим образом:

$$E = \frac{E_{\text{НОМ}}}{\gamma_d \cdot \gamma_c} \quad (4)$$

где: E – расчётное значение параметров жёсткости;

$E_{\text{НОМ}}$ – среднее значение параметров жёсткости, определённое на испытаниях, взятое с надёжностью 0,95;

γ_c – коэффициент, учитывающий падение свойств материала в процесс эксплуатации (см. таблицу 2.2);

$\gamma_d = 1,1$ – коэффициент условий работы.

В соответствии с п.6.21 СП 35.13330.2011 [1] динамический коэффициент к вертикальным подвижным нагрузкам для пешеходных мостов равен $(1+\mu)=1$.

Сила тяжести моделировалась как инерционная нагрузка, учитывающая полную массу пролета.

С целью унификации конструкций цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов и расширению области применения данного альбома типовых решений для строительства и проектирования надземных пешеходных переходов на территории РФ (с учетом рабочего температурного режима самих конструкций в пределах от плюс 60°C до минус 60°C) было принято решение производить расчеты для VI снегового района и VII ветрового района строительства, согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*» [2].

При расчете использовалась действующая нормативная документация.

- СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*» [1];

- СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*» [2];

- ГОСТ Р 54928-2012 «Пешеходные мосты и путепроводы из полимерных композитов. Технические условия» [3];

- ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций» [4];

- СТО 00204961-004-2012 «Пешеходные мосты и путепроводы из полимерных композитов» [5].

Создание расчетной конечно-элементной модели, а также анализ результатов расчета выполнялся с помощью программного комплекса MSC.Patran.

На рисунке 1 приведена конечно-элементная модель цельномонолитного пролетного строения из полимерных композитов.

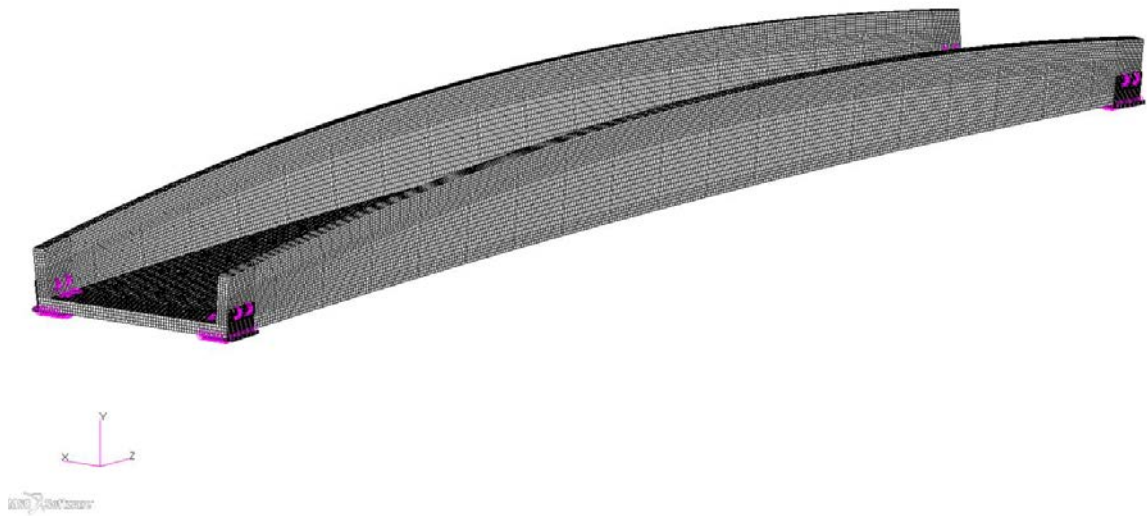


Рисунок 1 – Конечно-элементная модель цельномонолитного пролетного строения из полимерных композитов

Цельномонолитное пролетное строение из полимерных композитов для надземных пешеходных переходов имеет опирание в четырех точках. На рисунке 2 приведена схема закрепления. В таблице 1 приведены закрепленные степени свободы в узлах основания.

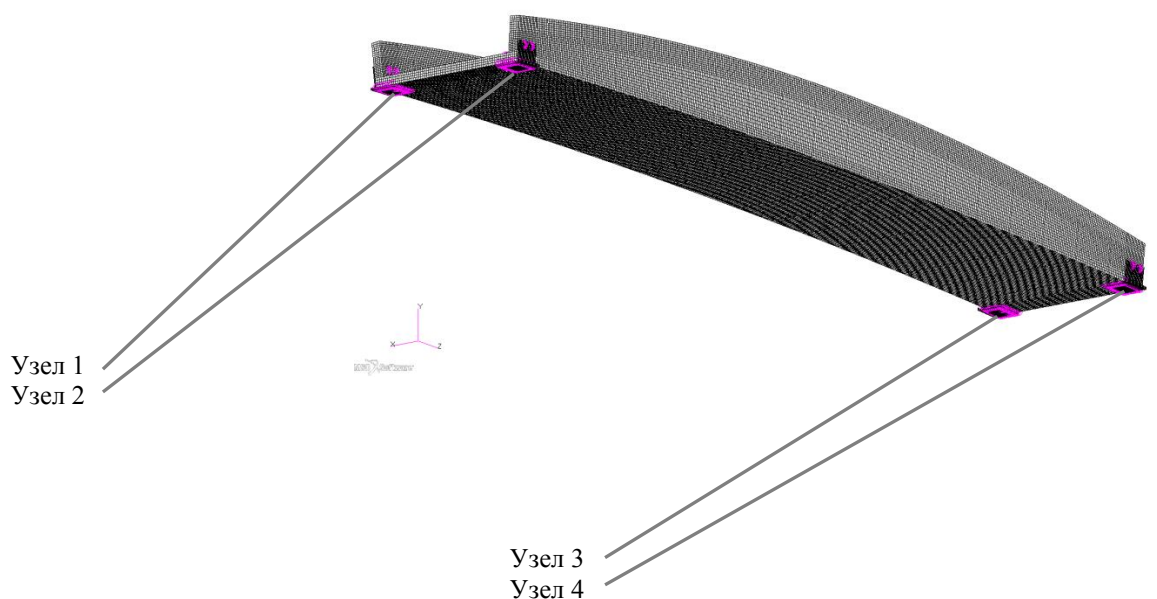


Рисунок 2 – Схема закрепления

Таблица 1 – Закрепленные степени свободы в узлах

Номер узла	Направление перемещения		
	X	Y	Z
1		+	
2	+	+	+
3		+	
4	+	+	

В расчетную модель для расчета элементов конструкции пролетного строения для надземного пешеходного перехода не включены модели конструкции остекления и перил. Нагрузки от остекления (с учетом снеговой нагрузки) и перил заданы в виде вертикальных сил к узлам арок. Значения данных нагрузок с целью унификации конструкций приняты из опыта проектирования и эксплуатации уже существующих подобных надземных пешеходных переходов. При значительном увеличении данных нагрузок в процессе индивидуального проектирования надземных пешеходных переходов с цельномонолитным пролетным строением необходимо внести коррективы в расчеты для уточнения опорных реакций.

Схема нагружения массой снега, остекления и перил приведена на рисунке 3.

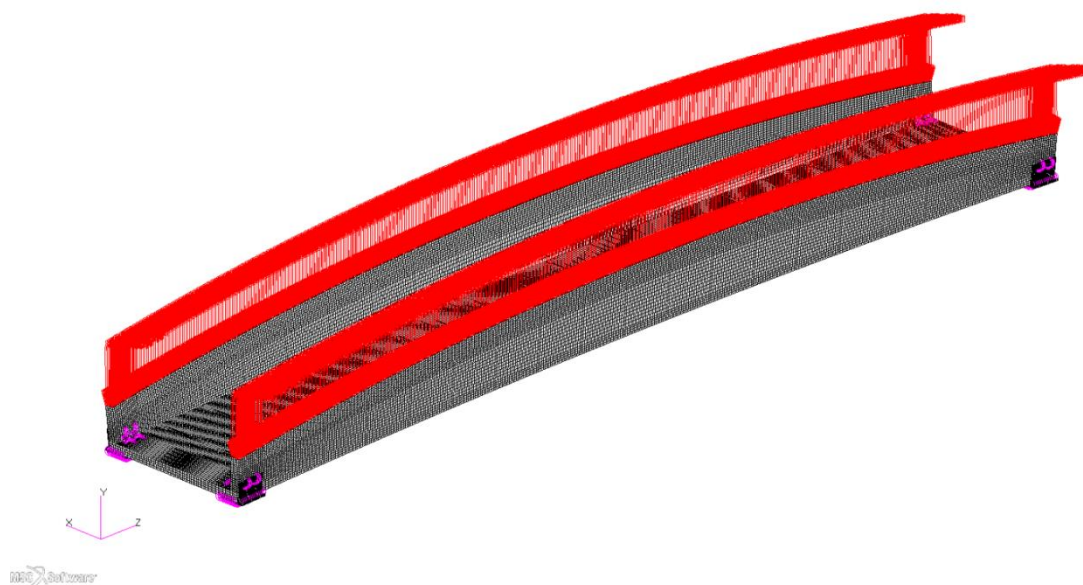


Рисунок 3 – Схема нагружения массой снега, остекления и перил

Распределённая нагрузка на пешеходный мост (п. 6.21 СП 35.13330.2011 [1]) от пешеходов задана в виде вертикальных сил к узлам на пешеходной части. Схема нагружения массой пешеходов приведена на рисунке 4.

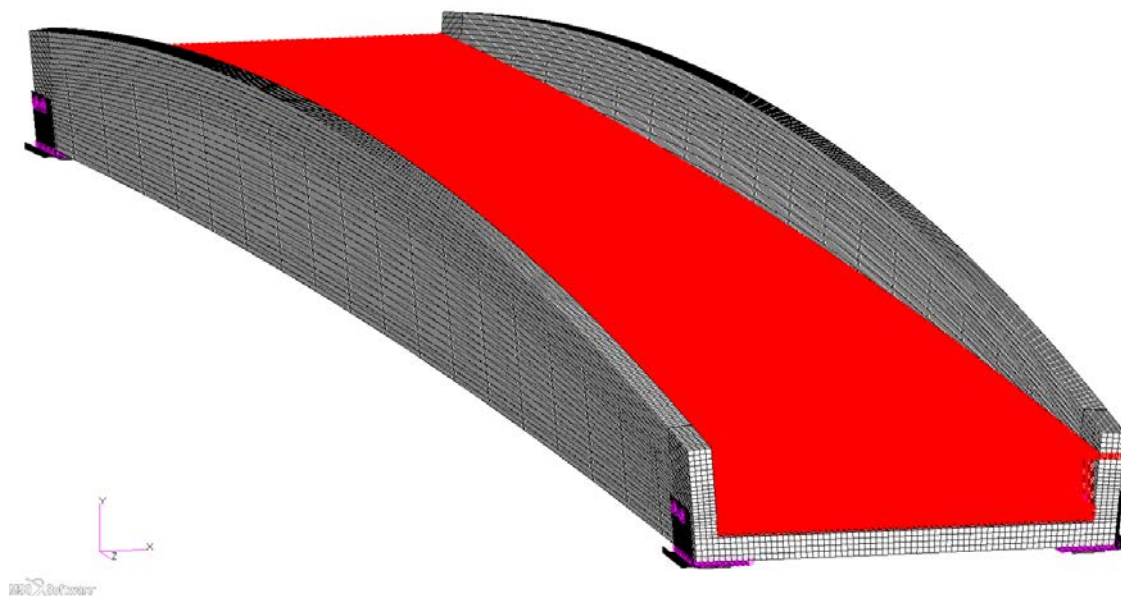


Рисунок 4 – Схема нагружения массой пешеходов

Для расчета усилий в точках крепления конструкции пролетного строения надземного пешеходного перехода от ветровых нагрузок была создана динамическая модель, учитывающая пульсацию ветровых нагрузок в диапазоне от 0 до 10 Гц.

Границы значений ветрового давления выбиралась из наихудшей комбинации направления ветров - предполагалось, что противоположные по направлениям порывы ветра поочередно воздействуют на конструкцию.

По результатам первого и второго этапов данной научно-исследовательской работы для дальнейшей разработки были выбраны следующие длины пролетных строений: 12.0 м, 15.0 м, 18.0 м, 20.0 м, 21.0 м, 22.0 м ... 30.0 м. На третьем этапе, в процессе работы непосредственно с производителями данных конструкций, было выяснено, что, в силу конструктивных особенностей и особенностей данного типа балок, изготовление длин 28.0 м, 29.0 м и 30.0 м – невозможно.

По итогам проведенных расчетов составлены таблицы с расчетными и нормативными усилиями на опорах для всех длин балок, необходимыми для

дальнейшего проектирования надземных пешеходных переходов (подбор опорных частей, конструкций опор и оснований). Расчетные усилия от постоянных нагрузок на одну опорную часть представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные усилия от постоянных нагрузок на одну опорную часть

Длина пролёта, мм	Ширина пролёта, мм	Наименование нагрузки					
		Вес балки, кН	Пешеходная, кН	Ветровая (VII район), кН	Снеговая (VI район), кН	Вес остекления, перил, кН	Вес покрытия, кН
12000	2250	22,0	37,8	44,0	59,64	13,5	1,2
	3000	32,0	50,4	32,1	72,24	13,5	1,6
15000	2250	25,0	47,3	55,0	74,55	16,9	1,5
	3000	35,0	63,0	40,1	90,3	16,9	2,0
18000	2250	27,0	56,7	66,0	89,46	20,3	1,8
	3000	37,0	75,6	48,1	108,36	20,3	2,4
20000	2250	31,0	63,0	73,3	99,4	22,6	2,0
	3000	41,0	84,0	53,5	120,4	22,6	2,7
21000	2250	33,5	66,2	77,0	104,37	23,7	2,1
	3000	43,5	88,2	56,1	126,42	23,7	2,8
22000	2250	36,0	69,3	80,7	109,34	24,8	2,2
	3000	46,0	92,4	58,8	132,44	24,8	3,0
23000	2250	38,5	72,5	84,3	114,31	25,9	2,3
	3000	48,5	96,6	61,5	138,46	25,9	3,1
24000	2250	41,0	75,6	88,0	119,28	27,1	2,4
	3000	51,0	100,8	64,2	144,48	27,1	3,2
25000	2250	43,5	78,8	91,7	124,25	28,2	2,5
	3000	53,5	105,0	66,8	150,5	28,2	3,4
26000	2250	46,0	81,9	95,3	129,22	29,3	2,6
	3000	56,0	109,2	69,5	156,52	29,3	3,5
27000	2250	48,5	85,1	99,0	134,19	30,4	2,7
	3000	58,5	113,4	72,2	162,54	30,4	3,6

В приложении В данного отчета представлен пример расчета по теме: «Разработка математической модели методом конечных элементов пролетного строения пешеходного моста длиной 18.0 м шириной проходной части 2.25м с использованием различных элементов из ПКМ». Расчеты для прочих длин пролетных строений выполнялись аналогично в соответствии с теми же расчетными предпосылками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения третьего этапа научно-исследовательской работы была разработана первая редакция проекта альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов.

Первая редакция разработана с учетом имеющегося международного и отечественного опыта применения цельномонолитных пролетных строений из композитных материалов для надземных пешеходных переходов, обоснования выбора конструкций из полимерных композиционных материалов согласно ранее разработанным программы и критериев отбора конструктивных решений, нормативных документов.

В настоящее время разработчиком продолжается сбор и анализ предложений и замечаний от рецензентов и заинтересованных организаций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

2 СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*».

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

4 ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций».

5 СТО 00204961-004-2012 «Пешеходные мосты и путепроводы из полимерных композитов».

Приложение А

Первая редакция проекта альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов

Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений

АЛЬБОМ ТИПОВЫХ РЕШЕНИЙ НАДЗЕМНЫХ
ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ЦЕЛЬНОМОНОЛИТНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ
ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Материалы для проектирования.

Рабочие чертежи

Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Технический директор ООО "Руссинтэк"

_____ Крашенинин Е.Ю.

АЛЬБОМ ТИПОВЫХ РЕШЕНИЙ НАДЗЕМНЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦЕЛЬНОМОНОЛИТНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Материалы для проектирования.

Рабочие чертежи

Главный инженер проекта

_____ Шелегин Г.В.

Содержание

Обозначение	Наименование	Стр.
47/401-С	Содержание	2
47/401-ПЗ	Пояснительная записка	3
47/401-ПС	Балка пролетного строения длиной 12,0 м (15,0 м, 18,0 м, 20,0 м, 21,0 м, 22,0 м...30,0 м) шириной 2,25 м и 3,0 м	7
47/401-РП	Комплекс расчетных параметров	10
47/401-ПО	Площадка опорная ПО	13
47/401-ЗД1	Закладная деталь ЗД1	14
47/401-ЗД2	Закладная деталь ЗД2	15
47/401-ВР	Сводная ведомость расхода материалов на пролетные строения	16
47/401-НМ1	Накладка металлическая НМ1	17
47/401-НМ2	Накладка металлическая НМ2	18

Ведомость спецификаций

2

Лист	Наименование	Примечание
ПС	Спецификация деталей на одно пролетное строение	
ПО	Спецификация на площадку опирания на одно пролетное строение	
ЗД1	Спецификация на закладную деталь ЗД1	
ЗД2	Спецификация на закладную деталь ЗД2	
ВР	Ведомость материалов	
НМ1	Спецификация на накладку НМ1	
НМ2	Спецификация на накладку НМ2	

Согласовано


Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Типовые конструкции разработаны в соответствии с требованиями экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных норм, действующих на территории Российской Федерации на дату выпуска проекта и обеспечивают безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта при соблюдении предусмотренных мероприятий.

Главный инженер проекта _____ /Шелегин Г.В./

						47/401-С			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Содержание	Стадия	Лист	Листов
Разработал		Грачев			04.15				1
Проверил		Шиковский			04.15				
Н. контр.		Никитин			04.15				
ГИП		Шелегин			04.15				
Утв.		Крашенин			04.15				

1. Введение

Типовые строительные конструкции Цельномонолитные пролетные строения из полимерных композитных материалов для надземных пешеходных переходов включают в себя чертежи пролетных строений длиной 12,0, 15,0, 18,0, 20,0, 21,0, 22,0...30,0 м с шириной (габаритом) проходов части 2,25 и 3,0 м, разработанных в соответствии с СП 35.13330.2011 Мосты и Трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*. Пролетные строения для пешеходных переходов выполнены из композитных материалов (стеклокомпозит), клееной древесины (LVL-брус) и заполнителя из пенополиуритана (ППУ) в качестве вспомогательного элемента.

2. Область применения

Цельномонолитные пролетные строения из полимерных композитных материалов для надземных пешеходных переходов предназначены для пропуска пешеходов над различными препятствиями.

Рекомендуемые внешние условия, в которых могут эксплуатироваться композитные пешеходные мосты, определяются следующими требованиями: интервал рабочих температур от минус 60 С до плюс 60 С, географические зоны от сухой до влажной по СП 50.13330, географический район с сейсмичностью до 9 баллов, степень агрессивности среды не более чем слабоагрессивная по СП 28.13330 (таблица Б.1, для бетона)

3. Материалы

Полимерные композиты для изготовления конструктивных элементов пешеходных мостов должны удовлетворять требованиям по стойкости к внешним воздействиям: по морозостойкости, водонепроницаемости, влагостойкости, термостойкости, климатическому старению в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54928 и требованиям, предъявляемым к бетону по СП 35.13330.

Показатели морозостойкости полимерных композитов должны соответствовать марке бетона по морозостойкости не ниже F300 (в солях) по ГОСТ 10060 для бетонов дорожных и аэродромных покрытий.

Водонепроницаемость полимерных композитов должна соответствовать марке бетона по водонепроницаемости не ниже W8 по СП 28.13330.2011 актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85.

Полимерный композит конструктивных элементов пешеходных переходов должен представлять собой конструктивный многослойный материал (ламинат), каждый слой которого (ламель) состоит из термореактивной смолы, наполненной армирующими материалами.

Ламинат конструктивных элементов из полимерных композитов должен состоять из ламелей, в которых чередуется направление армирующих волокон (например: 0, +45, -45, 90 - рисунок 1). Количество ламелей и последовательность их чередования определяется расчетом при разработке проектной документации.

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

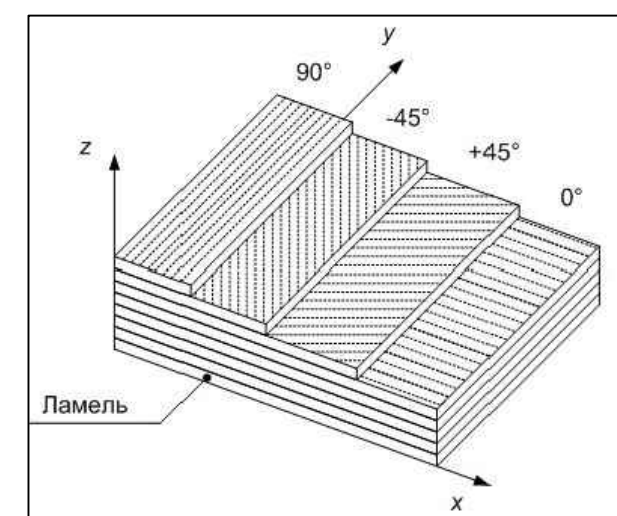


Рисунок 1 – Пример строения ламината конструктивных элементов

Конструктивные элементы пролетного строения выполнены:

Из конструкционного стеклокомпозита СКК2, СКК4, СКК6, ТХ-Combiflow-300-ТХ изготавливаемого в соответствии с техническими условиями СТО 002.04.961-009- 2011;

LVL-бруса тип 2, изготавливаемого в соответствии с техническими условиями ТУ 5366-052-6915009120-2008, ТУ 5512-053-6915009120-2008.

При расчете пролетного строения для пешеходного путепровода были использованы материалы приведенные ниже в таблицах.

В таблице 1 приведены физико-механические характеристики стеклокомпозитов, примененных в пролетном строении.

В таблице 2 приведены свойства LVL-бруса тип 1. Свойства определены на основании заявленных изготовителем в технических условиях.

						47/401-ПЗ			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Пояснительная записка	Стадия	Лист	Листов
Разработал		Гребенюк		<i>Гребенюк</i>	04.15			1	4
Проверил		Шиковский			04.15				
Н. контр.		Никитин			04.15				
ГИП		Шелегин			04.15				
Утв.		Крашенин			04.15				

Таблица 1 – Физико-механические характеристики стеклокомпозитов

№	Характеристики	Принятые номинальные значения для композита, МПа				
		СКК2	СКК4	СКК6	ТХ-Combiflow-300-ТХ	
1	Модуль упругости в направлении 0°, МПа	24809	18973	28856	13917	
2	Модуль упругости в направлении 90°, МПа	9147	12661	6404	7162	
3	Модуль сдвига, МПа	4623	5661	4319	4827	
4	Коэффициент Пуассона в направлении	0.285	0.347	0.265	0.338	
5	Растяжение	Прочность в направлении 0°, МПа	501	330	523	245
6		Прочность в направлении 90°, МПа	168	211	50	71
7	Сжатие	Прочность в направлении 0°, МПа	274	185	321	198
8		Прочность в направлении 90°, МПа	112	146	67	108
9	Сдвиг	Прочность, МПа	78	118	62	71
10	Плотность, кг/м ³		1800	1800	1800	1800

Таблица 2 – Свойства LVL-бруса тип 1

№	Напряженное состояние	Характеристики	Принятые номинальные значения
1	Модуль упругости вдоль волокон, ГПа		10
2	Модуль упругости поперёк волокон, ГПа		3.5
3	Модуль сдвига, ГПа		0.9
4	Коэффициент Пуассона		0.3
5	Растяжение	Прочность вдоль волокон, МПа	27.0
6		Прочность поперек волокон, МПа	6.7
7	Сжатие	Прочность вдоль волокон, МПа	27.0
8		Прочность поперек волокон на ребре, МПа	12.0
9		Прочность поперек волокон на пласти, МПа	3.5
10	Сдвиг (скалывание)	Прочность вдоль волокон слоев шпона, МПа	3.9
11		Прочность поперёк волокон слоев шпона, МПа	1.7
12	Плотность, кг/м ³		600

Закладные детали выполнены из углеродистой горячекатанной стали ст3сп по ГОСТ 380-2005 в обычном исполнении и из низколегированной конструкционной стали марки 16Д по ГОСТ 6713-91 в северном исполнении. Сварка производится по ГОСТ 9467-75, электродами типа Э42А.

Болты для крепления опорных площадок выполнены по ГОСТ 7798-70, шайбы по ГОСТ 11371-78 и ГОСТ 6402-70*. Винт для крепления закладных деталей по ГОСТ 17475-80.

6. Особенности конструкции

В рабочих чертежах представлены пролетные строения надземных пешеходных переходов, выполненные из полимерных композитных материалов длиной 12,0, 15,0, 18,0, 20,0, 21,0 22,0... 30,0 метров и габаритом прогожей части 2,25 и 3 метра.

Конструкция пролетного строения состоит из следующих элементов:

- нижняя плита (имеет продольный изгиб с радиусом кривизны 240 м);
- продольные борта переменной высоты (имеют развал 5 +5).

Плита, борта, арки и стойки выполнены по технологии трехслойной ("сэндвич") конструкции с несущими слоями из многослойного стеклокомпозита и пенополиуретановым наполнителем.

Плита, борта и стойки усилены поперечными ребрами жесткости с переменным шагом от 100 до 200 мм.

Плита и борта усилены LVL-брусом с торцов конструкции шириной по 600 мм.

Арки усилены продольными ребрами жесткости.

Размеры площадок опирания и конструкции закладных деталей с целью унификации и простоты изготовления рассчитаны на усилия от максимальных воздействий и приняты одинаковыми для всех длин пролетов.

Диаметр и длина болтов для закрепления опорной площадки приняты из расчета на срез стали и условий смятия.

7. Расчетные предпосылки

Цельномонolithicное пролетное строение из полимерных композитов для надземных пешеходных переходов имеет опирание в четырех точках. Сила тяжести моделировалась как инерционная нагрузка, учитывающая полную массу пролета.

С целью унификации конструкций цельномонolithicных пролетных строений из полимерных композитов и расширению области применения данного альбома типовых решений для строительства и проектирования надземных пешеходных переходов на территории РФ (с учетом рабочего температурного режима самих конструкций в пределах от + 65 С до - 80 С) было принято решение производить расчеты для VI снегового района и VII ветрового района строительства, согласно СНиП 23-01-99 Строительная климатология .

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	47/401-ПЗ	Лист
							2

В расчетную модель для расчета элементов конструкции пролетного строения для наземного пешеходного перехода не включены модели конструкции остекления и перил. Нагрузки от остекления (с учетом снеговой нагрузки) и перил заданы в виде вертикальных сил к узлам арок. Значения данных нагрузок с целью унификации конструкций приняты из опыта проектирования и эксплуатации уже существующих подобных наземных пешеходных переходов. При значительном увеличении данных нагрузок в процессе индивидуального проектирования наземных пешеходных переходов с цельномонолитным пролетным строением необходимо внести коррективы в расчеты для уточнения опорных реакций.

Для расчета усилий в точках крепления конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода от ветровых нагрузок была создана динамическая модель, учитывающая пульсацию ветровых нагрузок в диапазоне от 0 до 10 Гц.

Границы значений ветрового давления выбиралась из наихудшей комбинации направления ветров – предполагалось, что противоположные по направлениям порывы ветра поочередно воздействуют на конструкцию.

8. Методика расчета

Основное неравенство для расчета элементов конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода из композиционных материалов записывается в следующем виде:

$$\gamma_n \cdot \sum (S_i \cdot \gamma_{fi}) \leq R / (\gamma_m \cdot \gamma_c), \text{ где}$$

S – напряжения (деформации) от нормативных величин нагрузок, кН;

R – нормативное сопротивление (или предельная деформация) композитного материала, кН;

γ_f – коэффициент надежности по нагрузке;

$\gamma_n=1,1$ – коэффициент надежности по ответственности;

γ_m – коэффициент надежности по материалу;

γ_c – коэффициент, учитывающий падение свойств материала в процесс эксплуатации

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

$\gamma_{m,1} = 1,35$ – коэффициент, учитывающий систематическую погрешность при экспериментальном определении свойств материала либо неточность математических моделей при расчетном определении свойств;

$\gamma_{m,2} = 1,2$ – коэффициент, учитывающий нестабильность свойств материала в конструкции при изготовлении. Значение коэффициента $\gamma_{m,2}=1,2$, принято поскольку композитные элементы конструкции изготавливаются методом вакуумной инфузии с постотверждением.

$$R = R_m \cdot (1 - 2,0 \cdot \vartheta), \text{ где}$$

R_m – среднее значение сопротивления материала, кН/м²;

$\vartheta=0,13$ – коэффициент вариации (при отсутствии экспериментальных данных испытаний образцов материала).

Расчетные значения параметров жесткости определяются следующим образом:

$$E = E_{\text{ном}} / (\gamma_d \cdot \gamma_c), \text{ где}$$

E – расчетное значение параметров жесткости, МПа;

$E_{\text{ном}}$ – среднее значение параметров жесткости, определенное на испытаниях, взятое с надежностью 0,95, МПа;

γ_c – коэффициент, учитывающий падение свойств материала в процесс эксплуатации;

$\gamma_d=1,1$ – коэффициент условий работы.

В соответствии с п.6.21 СП 35.13330.2011 динамический коэффициент к вертикальным подвижным нагрузкам для пешеходных мостов равен $(1+\mu)=1$.

9. Маркировка

Маркировка композитных пролетных строений для наземных пешеходных переходов состоит из двух групп, разделенных чертой.

Примеры маркировки:

КП1200х225–20х20

КП2700х300–21х22

1-ая группа:

КП – композитное пролетное строение, тип конструкции;

1200, 2700 – длина пролетного строения, в см;

225, 300 – ширина (габарит) проходной части пролетного строения, в см;

2-ая группа:

20, 21 – толщина стенки пролетного строения, в см;

20, 22 – толщина плиты пролетного строения, в см.

Согласовано

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

47/401-ПЗ

Лист

3

10. Изготовление, отпускная прочность, транспортировка, хранение

Для конструктивных элементов из полимерных композитов допускаются отклонения геометрических размеров от их проектных значений по ГОСТ 54928-2012.

Допустимые значения отклонений геометрических размеров конструктивных элементов из полимерных композитов от их проектных значений представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Допустимые значения отклонений геометрических размеров пролетных строений

Наименование отклонения	Допускаемое отклонение, мм
Отклонение длины конструктивного элемента от проектной	0,0005L, но не более 10 мм
Отклонение конструктивного элемента от плоскости	3мм

Упаковку конструктивных элементов из полимерных композитов производят в соответствии с требованиями, определенными в договоре на изготовление (поставку) данной продукции. Для районов Крайнего Севера упаковка производится по ГОСТ 15846.

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

11. Методы контроля и испытаний

Геометрические параметры пролетных строений из полимерных композитных материалов проверяют в соответствии с требованиями ГОСТ 26433.1 с применением измерительных инструментов необходимой точности.

Проверка состояния поверхности, цвета, производственных дефектов пролетных строений производится визуально путем сравнения с контрольным образцом.

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

Определение истираемости рабочих поверхностей фрагментов пролетных строений из полимерных композитов (верхнего слоя ламината) с нанесенным дополнительным износостойким противоскользящим покрытием производится по ГОСТ 13015.

Определение морозостойкости рабочих поверхностей фрагментов пролетных строений из полимерных композитов (верхнего слоя ламината) с нанесенным дополнительным износостойким противоскользящим покрытием производится по ГОСТ 10060.

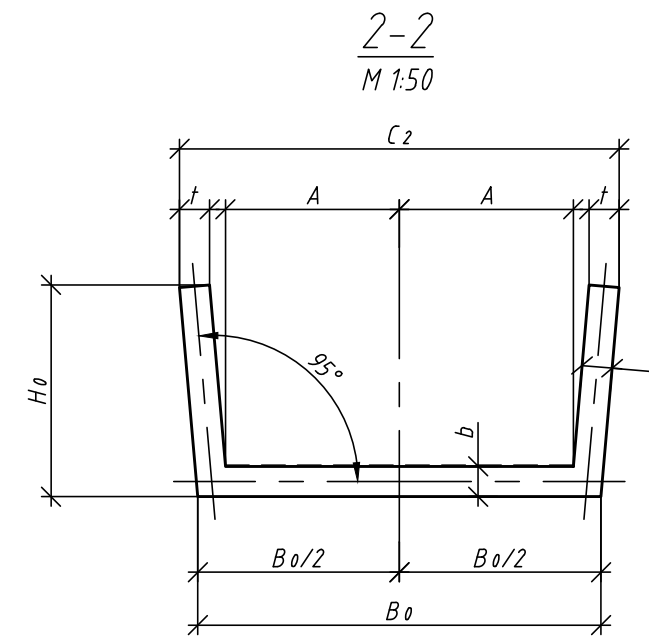
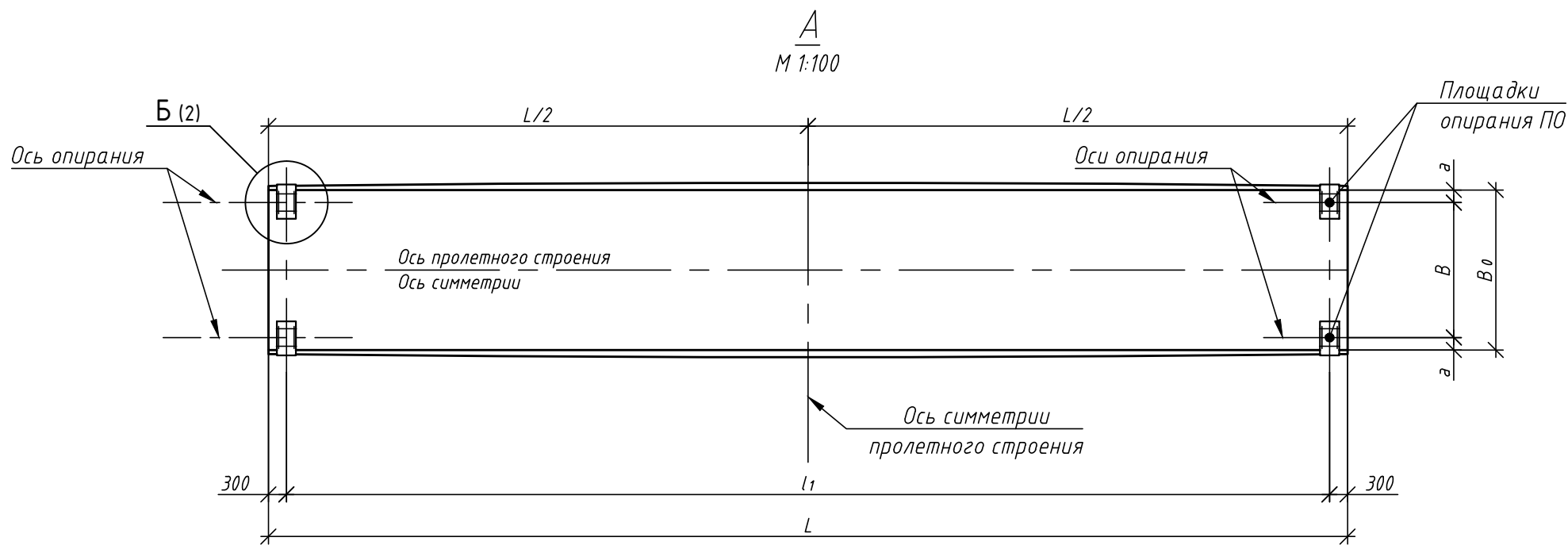
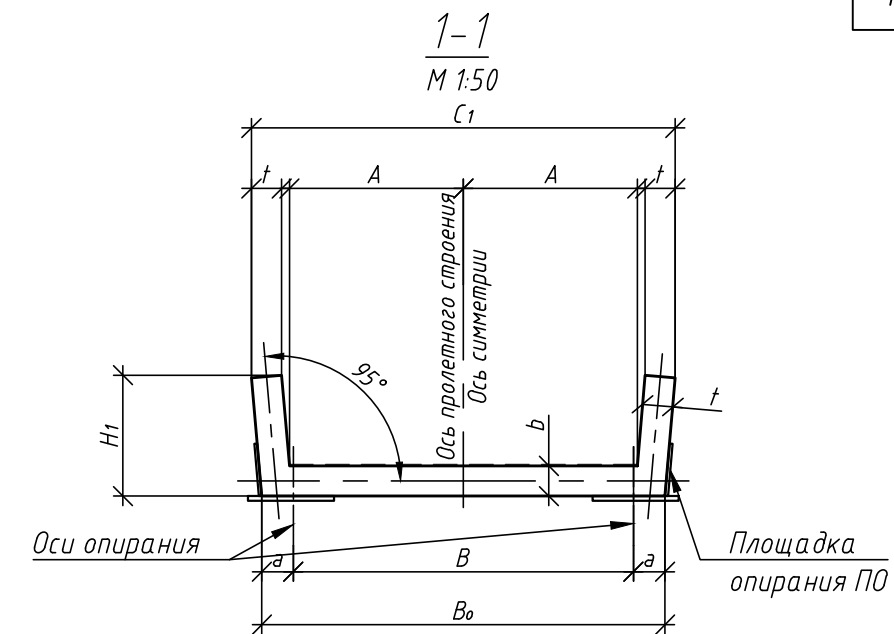
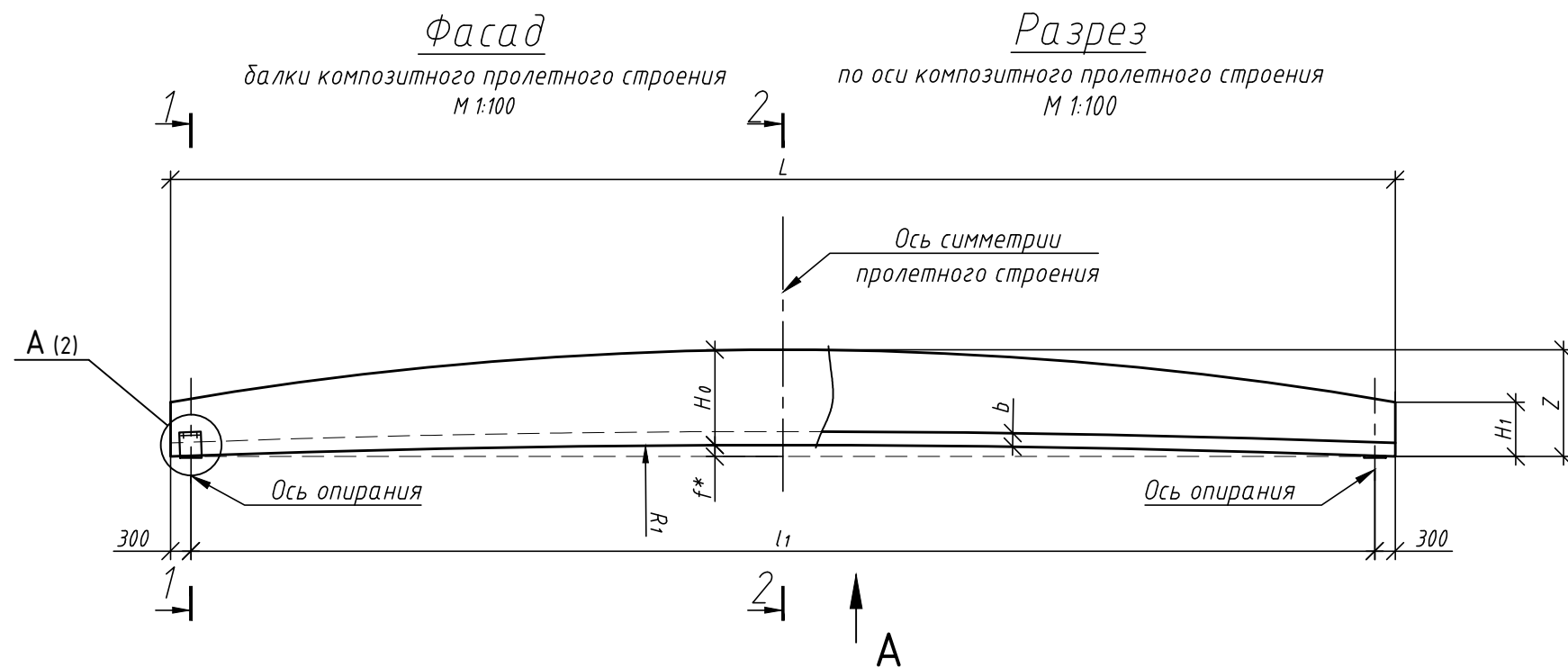
Для определения прочности несущих конструкций из полимерных композитов проводят испытания полноразмерных фрагментов конструкций на трехточечный изгиб и на местное сжатие (смятие) на опорах в соответствии с ГОСТ 8829.

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

12. Перечень нормативных документов

- СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*;
- СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия (с изменениями от 01.07.2003г);
- СНиП 2.08.02-89* ' Общественные здания и сооружения ;
- СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика ;
- Постановление правительства Российской Федерации №1636 от 27 декабря 1997г. Правила подтверждения пригодности новых материалов, изделий, конструкций и технологий для применения в строительстве ;
- Техническое свидетельство о пригодности новой продукции для применения в строительстве на территории Российской Федерации. Министерство регионального развития Российской Федерации, № 3752-13;
- Кроме того, при разработке документации учтены опыт проектирования и строительства цельномонолитных пролетных строений из композитных материалов.
- СТО 00204961-004-2012 Пешеходные мосты и путепроводы из полимерных композитов ;
- Свидетельство о допуске к определенному виду или видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства, № 080.09-2009-7727637980-П-027.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	47/401-ПЗ	Лист
							4



Спецификация деталей на одно пролетное строение

Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
	<u>Детали</u>			
	Композитная балка пролетного строения	1		массу см. в табл.4
47/401-ПО	Площадка опорная ПО	4	63.900	
	<u>Стандартные изделия</u>			
ГОСТ 7798-70	Болт М24-6дх80.109	16	0.758	
ГОСТ 11371-78	Шайба 2.24.01.059	16	0.030	
ГОСТ 6402-70*	Шайба 24 65г 016	16	0.027	

Примечания:

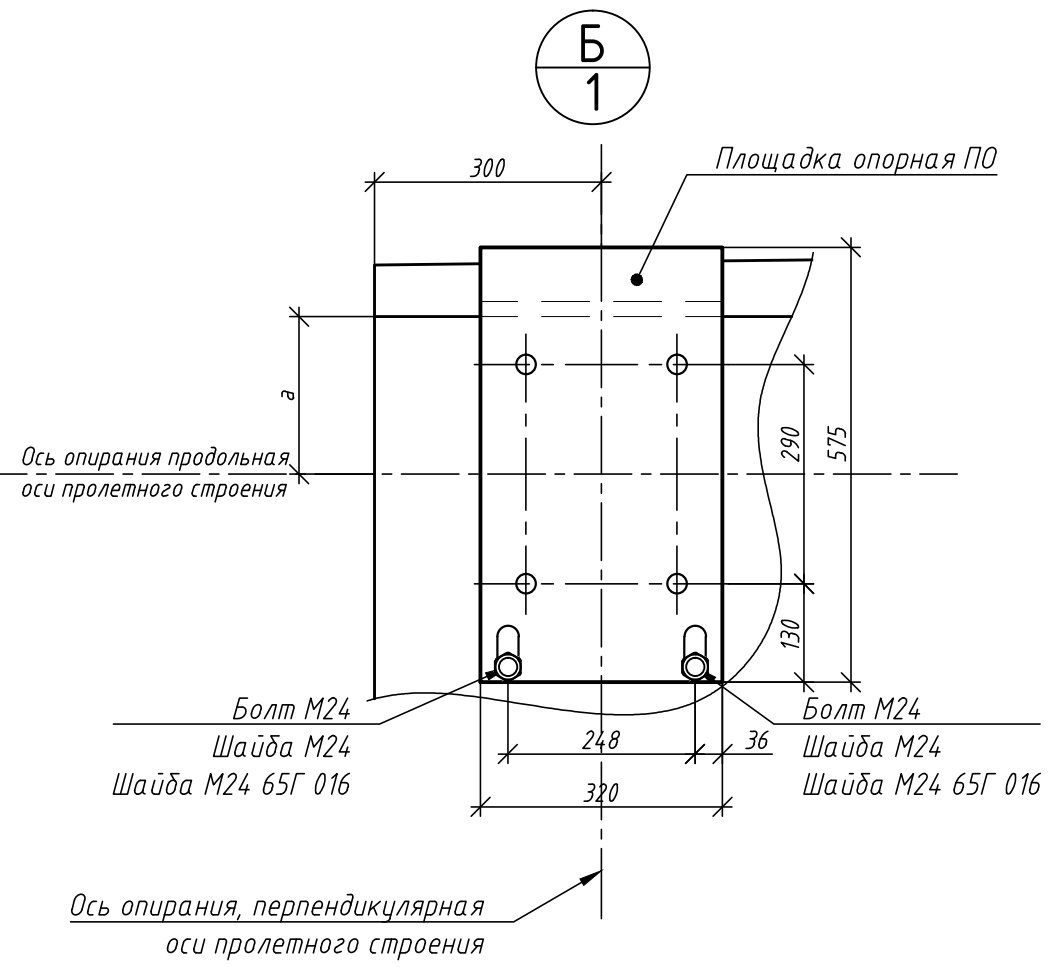
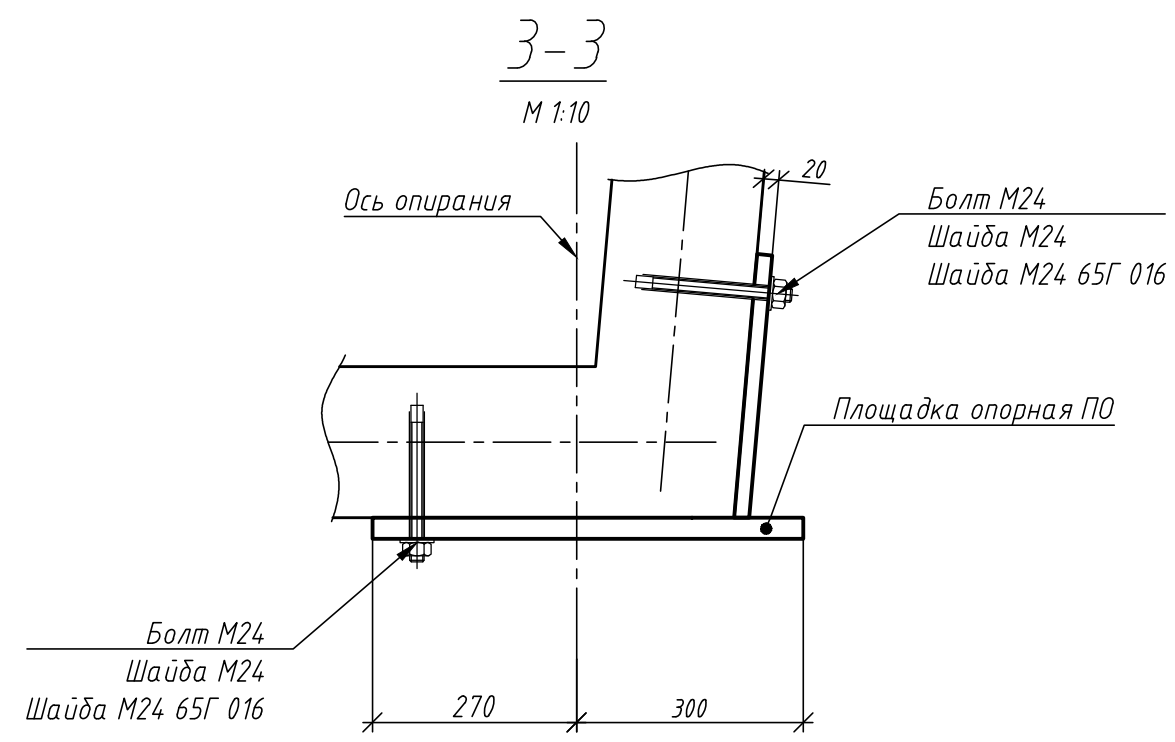
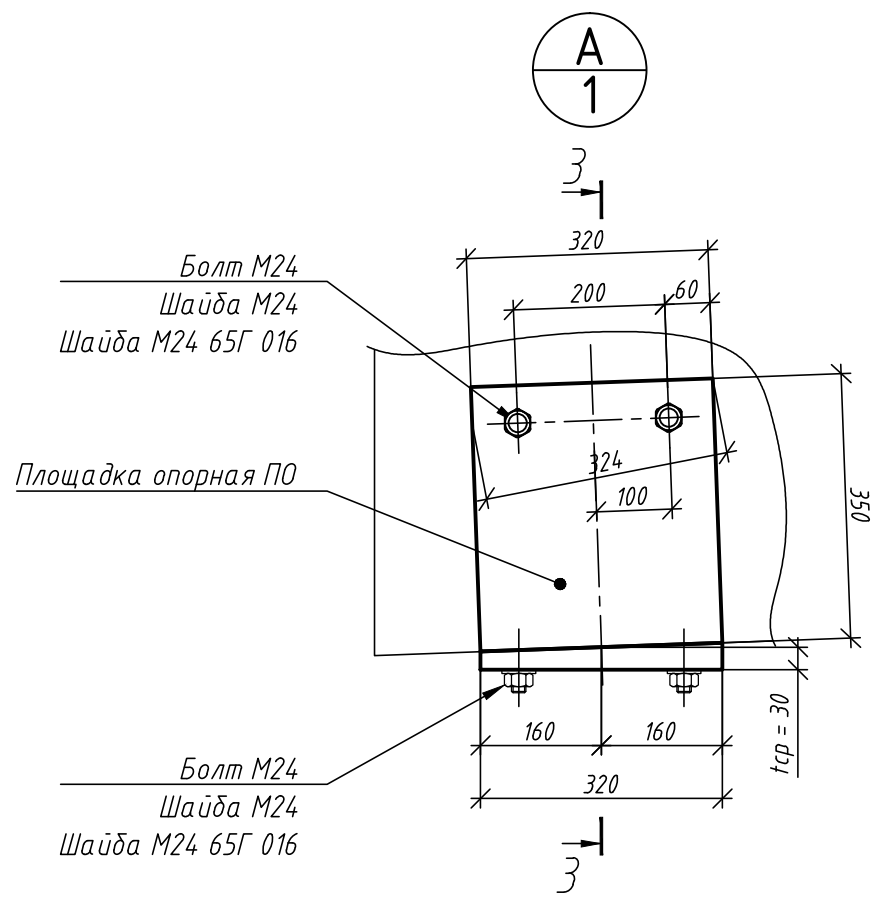
1. Характерные значения размеров пролетных строений представлены в таблице 5;
2. Таблицу 5 см на листе 3;
3. Узел А см. на листе 2;
4. Размер со "*" без учета прогиба от собственного веса;
5. Таблица 4 на листе 2;
6. Спецификация составлена на одно композитное пролетное строение;
7. Потребное количество метизов на одно пролетное строение - 14.24 кг;
8. Все размеры даны в мм.

47/401-ПС					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал	Грачев				04.15
Проверил	Шиковский				04.15
Н. контр.	Никитин				04.15
ГИП	Шелегин				04.15
Утв.	Крашенин				04.15

Балка пролетного строения длиной 12,0 м (15,0 м, 18,0 м, 20,0 м, 21,0 м, 22,0 м...30,0 м) шириной 2,25 м и 3,0 м	Стадия	Лист	Листов
		1	3

Таблица 4 - Вес
композитной балки ПС

Марка балки	Вес балки, т
КП1200x225-20x20	8.8
КП1200x300-20x20	12.8
КП1500x225-20x20	10.0
КП1500x300-20x20	14.0
КП1800x225-20x20	12.4
КП1800x300-20x20	16.4
КП2000x225-20x20	12.9
КП2000x300-20x20	16.9
КП2100x225-20x20	13.4
КП2100x300-20x20	17.4
КП2200x225-21x22	14.4
КП2200x300-21x22	18.4
КП2300x225-21x22	15.4
КП2300x300-21x22	19.4
КП2400x225-21x22	16.4
КП2400x300-21x22	20.4
КП2500x225-21x22	17.0
КП2500x300-21x22	21.4
КП2600x225-21x22	18.4
КП2600x300-21x22	22.4
КП2700x225-21x22	19.4
КП2700x300-21x22	23.4



Согласовано

Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

47/401-ПС

Лист
2

Таблица 5 - Характерные значения размеров пролетного строения

Марка балки пролетного строения	Длин пролета, L, мм	Ширина, В, мм	B_0 , мм	H_0 , мм	H_1 , мм	A, мм	Z, мм	R_1 , мм	R_2 , мм	C_1 , мм	C_2 , мм	a, мм	b, мм	t, мм	f^* , мм	l_0 , мм
КП1200x225-20x20	12000	2250	2667	1300	600	1150	1375	240000	23613	2803	2908	208	200	200	75	11400
КП1200x300-20x20		3000	3416			1525				3600	3704					
КП1500x225-20x20	15000	2250	2667	1400	800	1150	1517	240000	39573	2803	2908	208	200	200	117	14400
КП1500x300-20x20		3000	3416			1525				3600	3704					
КП1800x225-20x20	18000	2250	2667	1400	800	1150	1569	240000	53063	2803	2908	208	200	200	169	17400
КП1800x300-20x20		3000	3416			1525				3600	3704					
КП2000x225-20x20	20000	2250	2667	1500	800	1150	1708	240000	55495	2803	2908	208	200	200	208	19400
КП2000x300-20x20		3000	3416			1525				3600	3704					
КП2100x225-20x20	21000	2250	2667	1500	800	1150	1730	240000	66847	2803	2908	208	200	200	230	20400
КП2100x300-20x20		3000	3416			1525				3600	3704					
КП2200x225-21x22	22000	2250	2667	1500	800	1150	1752	240000	64012	2803	2908	208	200	200	252	21400
КП2200x300-21x22		3000	3416			1525				3600	3704					
КП2300x225-21x22	23000	2250	2667	1500	800	1150	1776	240000	68261	2803	2908	208	200	200	276	22400
КП2300x300-21x22		3000	3416			1525				3600	3704					
КП2400x225-21x22	24000	2250	2667	1500	800	1150	1800	240000	80433	2803	2908	213	220	210	300	23400
КП2400x300-21x22		3000	3416			1525				3600	3704					
КП2500x225-21x22	25000	2250	2667	1600	1000	1150	1926	240000	84855	2803	2908	213	220	210	326	24400
КП2500x300-21x22		3000	3416			1525				3600	3704					
КП2600x225-21x22	26000	2250	2677	1600	1000	1150	1952	240000	89205	2803	2908	213	220	210	352	25400
КП2600x300-21x22		3000	3426			1525				3600	3704					
КП2700x225-21x22	27000	2250	2677	1600	1000	1150	1980	240000	93476	2803	2908	213	220	210	380	26400
КП2700x300-21x22		3000	3426			1525				3600	3704					

* - размер без учета прогиба от собственной массы

Согласовано

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

47/401-ПС

Лист

3

Формат А3

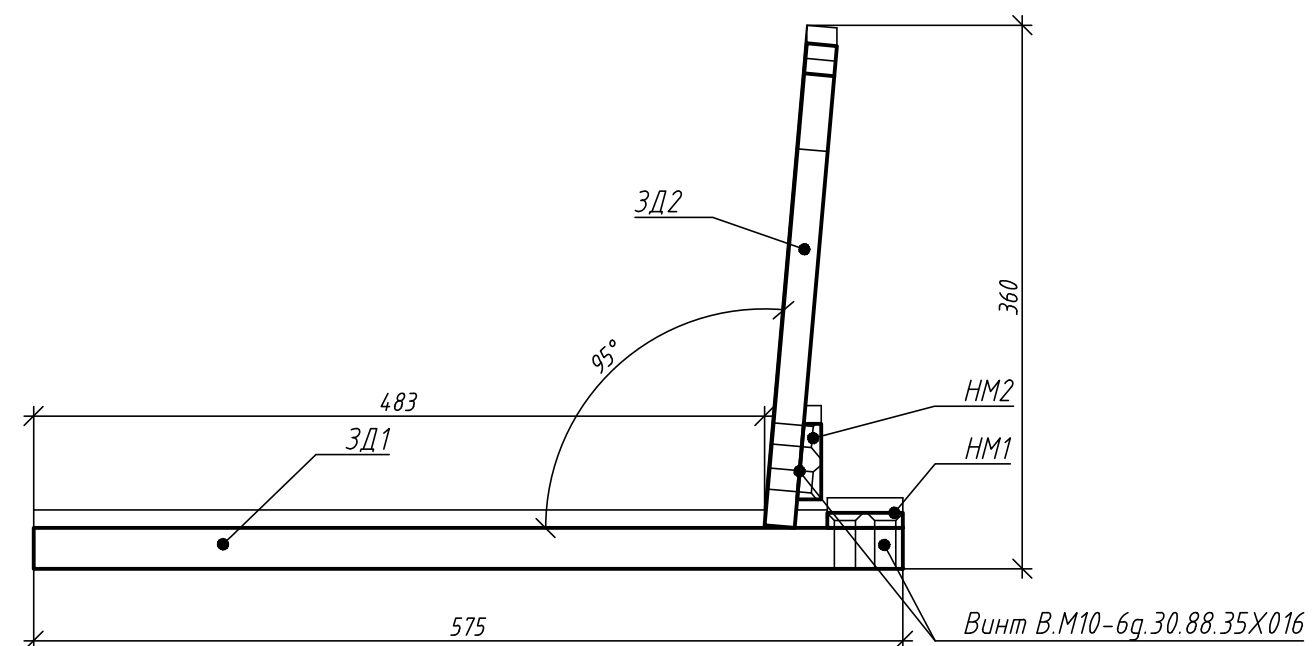
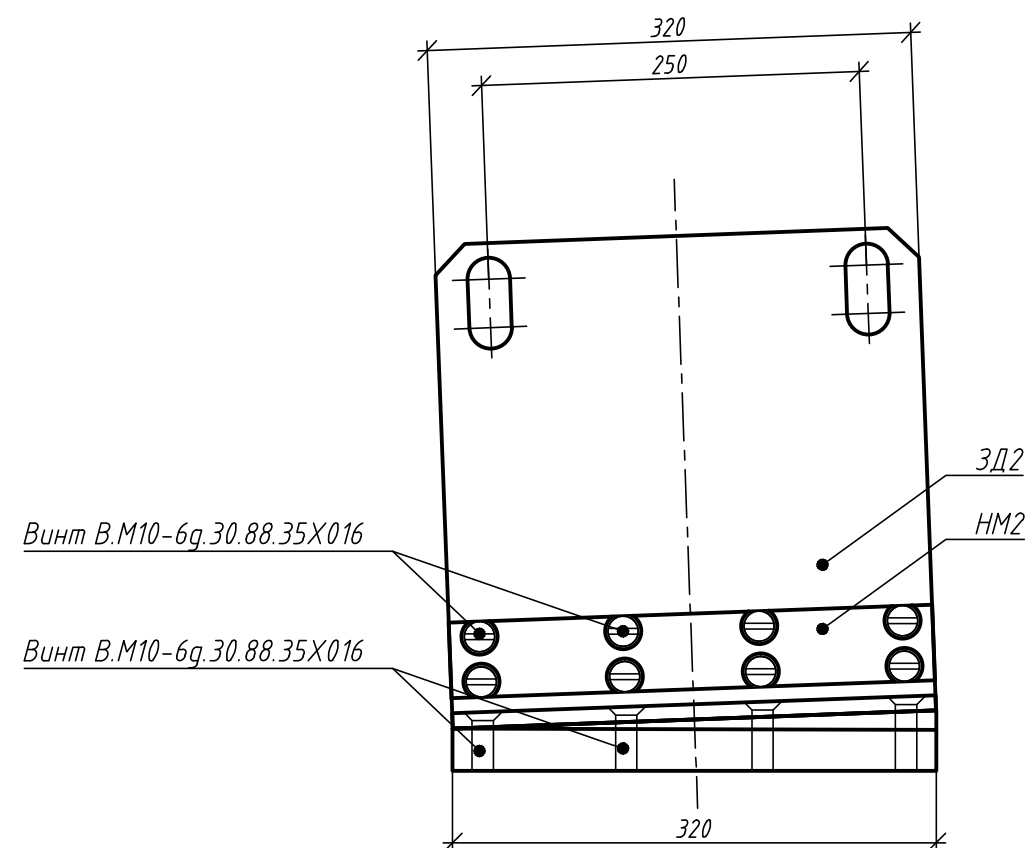
Таблица 6 - Расчетные усилия от постоянных нагрузок на одну опорную часть

Марка балки пролетного строения	Наименование нагрузки					
	Вес балки, кН	Пешеходная, кН	*Вес остекления перил, кН	Ветровая, кН	Снеговая, кН	Вес покрытия, кН
КП1200x225-20x20	22.00	37.80	13.50	44.00	59.64	1.20
КП1200x300-20x20	32.00	50.40	13.50	32.10	72.24	1.60
КП1500x225-20x20	22.00	47.30	16.90	55.00	74.55	1.50
КП1500x300-20x20	35.00	63.00	16.90	40.10	90.30	2.00
КП1800x225-20x20	27.00	56.70	20.30	66.00	89.46	1.80
КП1800x300-20x20	37.00	75.60	20.30	48.10	108.36	2.40
КП2000x225-20x20	31.00	63.00	22.60	73.30	99.40	2.00
КП2000x300-20x20	41.00	84.00	22.60	53.50	120.40	2.70
КП2100x225-20x20	33.50	66.20	23.70	77.00	104.37	2.10
КП2100x300-20x20	43.50	88.20	23.70	56.10	126.42	2.80
КП2200x225-21x22	36.00	69.30	24.80	80.70	109.34	2.20
КП2200x300-21x22	46.00	92.40	24.80	58.80	132.44	3.00
КП2300x225-21x22	38.50	72.50	25.90	84.30	114.31	2.30
КП2300x300-21x22	48.50	96.60	25.90	61.50	138.46	3.10
КП2400x225-21x22	41.00	75.60	27.10	88.00	119.28	2.40
КП2400x300-21x22	51.00	100.80	27.10	64.20	144.48	3.20
КП2500x225-21x22	43.50	78.80	28.20	91.70	124.25	2.50
КП2500x300-21x22	53.50	105.00	28.20	66.80	150.50	3.40
КП2600x225-21x22	46.00	81.90	29.30	95.30	129.22	2.60
КП2600x300-21x22	56.00	109.20	29.30	69.50	156.52	3.50
КП2700x225-21x22	48.50	85.10	30.40	99.00	134.19	2.70
КП2700x300-21x22	58.50	113.40	30.40	72.20	162.54	3.60

Примечания:

1. Расчетные усилия от постоянных нагрузок на одну опорную часть представлены в таблице 6;
2. * - Вес остекления и перильного ограждения пролетного строения взяты из опыта проектирования подобных конструкций.
3. Нагрузки от веса остекления и перильного ограждения могут быть увеличены в процессе индивидуального проектирования данных конструкций, при этом необходимо внести соответствующие коррективы в расчеты для уточнения опорных реакций;
4. Расчеты выполнены для VI снегового района и VII ветрового района строительства, согласно СНиП 23-01-99 Строительная климатология - в целях унификации конструкций.

						47/401-РП					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Комплекс расчетных параметров					
Разработал		Гребенюк		<i>Гребенюк</i>	04.15				Стадия	Лист	Листов
Проверил		Шиковский			04.15						1
Н. контр.		Никитин			04.15						
ГИП		Шелегин			04.15						
Утв.		Крашенин			04.15						



Согласовано

Спецификация на площадку опирания на одно пролетное строение

Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
<u>Детали</u>				
47/401-ЗД1	Закладная деталь ЗД1	4	45.5	
47/401-ЗД2	Закладная деталь ЗД2	4	15.6	
47/401-НМ1	Накладка металлическая НМ1	4	1.2	
47/401-НМ2	Накладка металлическая НМ2	4	1.6	
<u>Стандартные изделия</u>				
ГОСТ 17475-80	Винт В.М10-6г.30.88.35Х016	16	0.02	

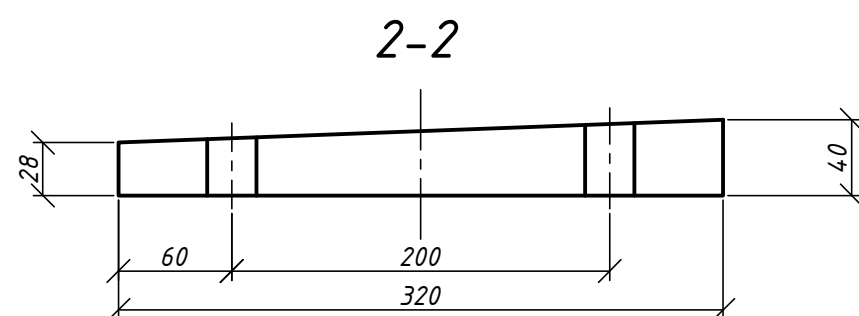
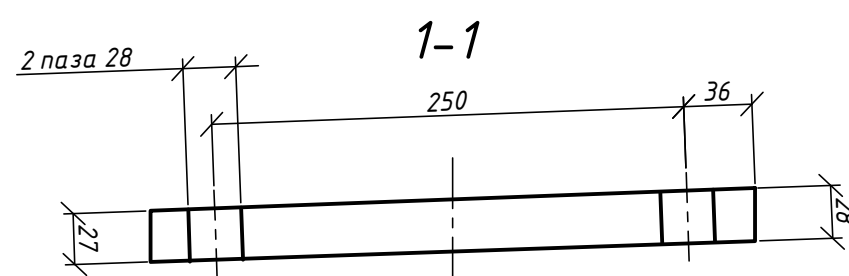
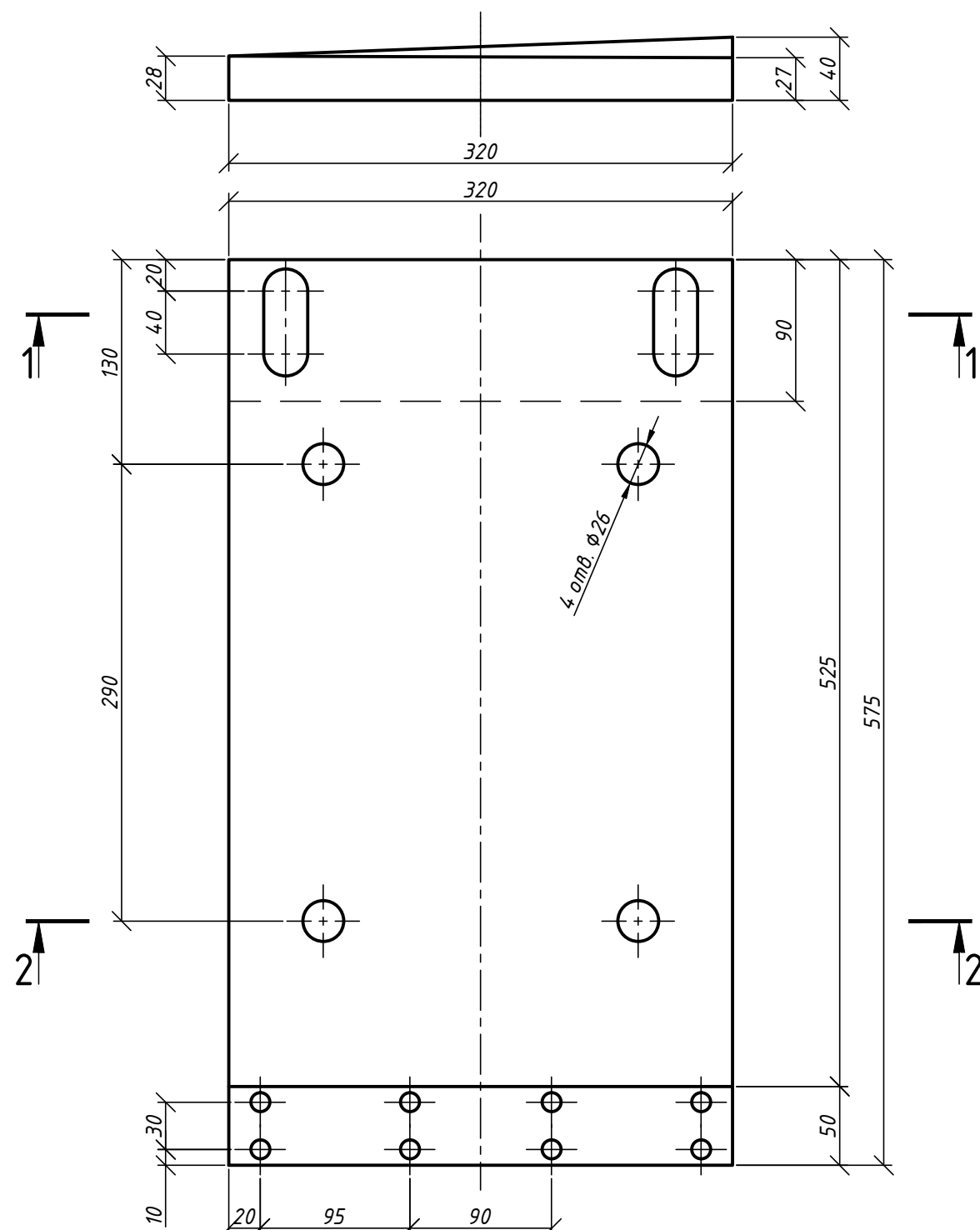
Примечания:

1. Спецификация составлена на одну площадку опирания ПО;
2. Потребное количество площадок опирания на одно пролетное строение - 4 шт;
3. Масса одной опорной площадки - 63,9 кг;
4. Потребное количество метизов на одну площадку опирания пролетного строения ПО - 3,56 кг;
5. Размеры в мм;
6. Сварной шов Т7 по ГОСТ 5264-80.

47/401-ПО						Стадия	Лист	Листов
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Площадка опорная ПО	1	1
Разработал	Грачев				04.15			
Проверил	Шиковский				04.15			
Н. контр.	Никитин				04.15			
ГИП	Шелегин				04.15			
Утв.	Крашенин				04.15			

Спецификация на закладную деталь ЗД1

Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
Детали			
Лист 535x375x40 ГОСТ 19903-74	1	45.5	

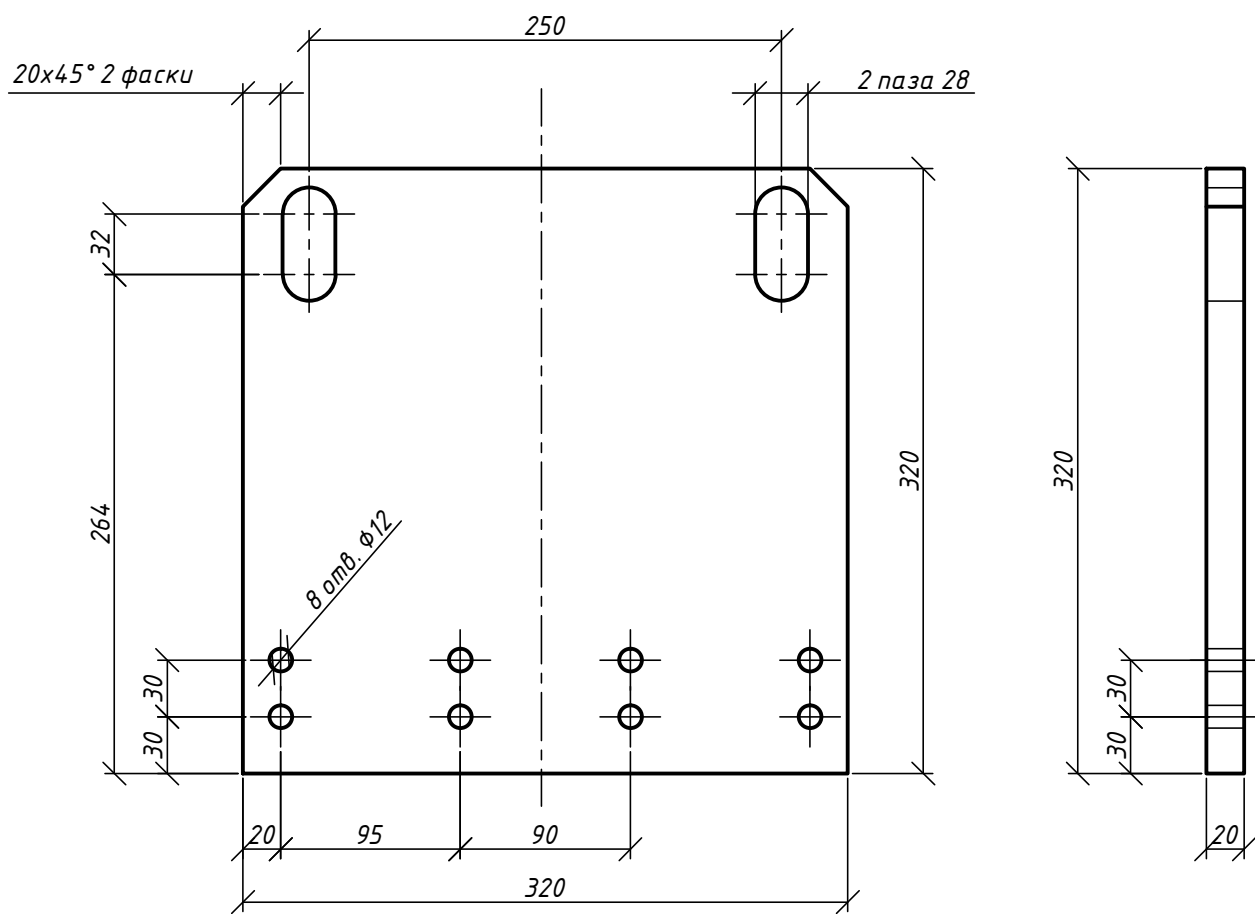


Примечания:

1. Спецификация составлена на одну закладную деталь ЗД1;
2. Потребное количество закладных деталей ЗД1 на одно пролетное строение - 4 шт;
3. Масса закладной детали - 45,5 кг;
4. Марка стали: в обычном исполнении применяется сталь СтЗсп по ГОСТ 380-2005, в зимнем исполнении применяется сталь 16Д по ГОСТ 6713-91;
5. Размеры в мм.

47/401-ЗД1					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал		Гребенюк		<i>[Signature]</i>	04.15
Проверил		Шиковский			04.15
Н. контр.		Никитин			04.15
ГИП		Шелегин			04.15
Утв.		Крашенин			04.15

Закладная деталь ЗД1	Стадия	Лист	Листов
			1



Спецификация на закладную деталь ЗД2

Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
<u>Детали</u>			
Лист 320x320x20 ГОСТ 19903-74	1	15,6	

Примечания:

1. Спецификация составлена на одну закладную деталь ЗД2;
2. Потребное количество закладных деталей ЗД2 на одно пролетное строение - 4 шт;
3. Масса закладной детали - 15,6 кг;
4. Размеры в мм.

47/401-ЗД2

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал		Гребенюк		<i>Гребенюк</i>	04.15
Проверил		Шиковский			04.15
Н. контр.		Никитин			04.15
ГИП		Шелегин			04.15
Утв.		Крашениннин			04.15

Закладная деталь ЗД2

Стадия Лист Листов

1

Ведомость расхода стали, кг

Марка элемента	Изделия закладные					Всего	Всего на ПС
	Листовой прокат марки	Метизы					
		Болт М24-6gx80.109	Винт В.М10-6g.30.88.35X016	Шайба 2.24.01.059	Шайба 24 65г 016		
СтЗсп (16Д)	ГОСТ 7798-70	ГОСТ 17475-80	ГОСТ 11371-78	ГОСТ 6402-70*			
ЗД1	45.5	1.52		0.06	0.05	47.12	188.48
ЗД2	15.6	1.52		0.06	0.05	17.22	68.88
НМ1	1.2		0.15			1.35	5.40
НМ2	1.6		0.15			1.75	7.00

Примечания:

1. Ведомость составлена на одно пролетное строение;
2. Массу балки пролетного строения см. в таблице 4 на листе 2 чертежа 47/401-ПС .

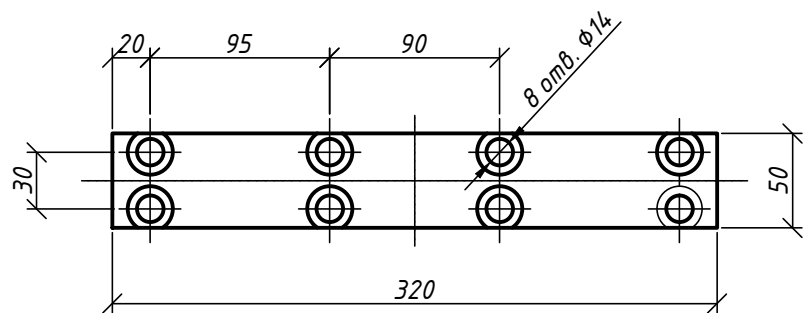
47/401-ВР

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал		Гребенюк		<i>Гребенюк</i>	04.15
Проверил		Шиковский			04.15
Н. контр.		Никитин			04.15
ГИП		Шелегин			04.15
Утв.		Крашениннин			04.15

Сводная ведомость расхода материалов на пролетные строения

Стадия Лист Листов

1



Спецификация на накладку НМ1

Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
<u>Детали</u>			
Лист 320x320x10 ГОСТ 19903-74	1	1.2	

Примечания:

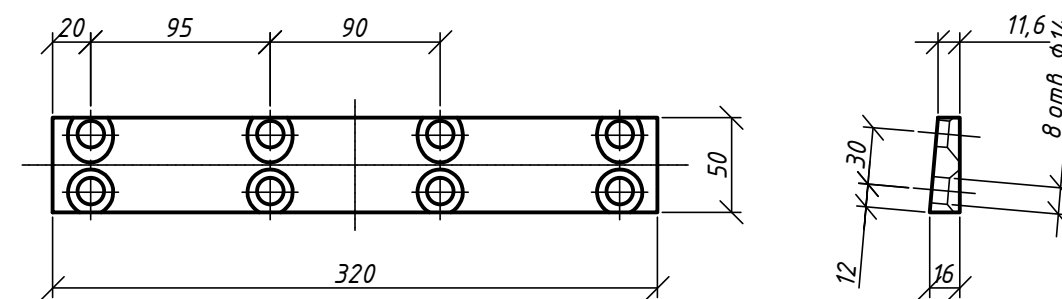
1. Спецификация составлена на одну накладку НМ1;
2. Потребное количество накладок НМ1 на одно пролетное строение - 4 шт;
3. Масса накладки - 1,2 кг;
4. Размеры в мм.

47/401-НМ1

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал	Грачев			<i>[Signature]</i>	04.15
Проверил	Шиковский				04.15
Н. контр.	Никитин				04.15
ГИП	Шелегин				04.15
Утв.	Крашенин				04.15

Накладка металлическая НМ1

Стадия	Лист	Листов
		1



Спецификация на накладку НМ2

Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
<u>Детали</u>			
Лист 320x50x16 ГОСТ 19903-74	1	1.6	

Примечания:

1. Спецификация составлена на одну накладку НМ2;
2. Потребное количество накладок НМ2 на одно пролетное строение - 4 шт;
3. Масса накладки - 1,6 кг;
4. Размеры в мм.

47/401-НМ2

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал	Грачев			<i>[Signature]</i>	04.15
Проверил	Шиковский				04.15
Н. контр.	Никитин				04.15
ГИП	Шелегин				04.15
Утв.	Крашенин				04.15

Накладка металлическая НМ2

Стадия	Лист	Листов
		1

Приложение Б

Пояснительная записка к первой редакции проекта альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов

1 Общие указания

Основание разработки темы – План научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ Федерального дорожного агентства на 2014-2016 год, утвержденный распоряжением Федерального дорожного агентства от 17 июня 2014 года №1157-р с изменениями, внесенными распоряжением Федерального дорожного агентства от 08 сентября 2014 года №1703-р.

Объектом исследования является разработка первой редакции проекта альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов.

В первой редакции проекта альбома типовых решений надземных пешеходных переходов с применением цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов представлено:

- пояснительная записка, включающая область применения, требования к материалам, особенности конструкции, методику расчета, маркировку, требования к изготовлению, транспортировке и хранению цельномонолитных пролетных строений из композитных материалов, а также методы их контроля и испытаний;
- чертежи пролетных строений;
- общая ведомость расхода материалов на цельномонолитное пролетное строение из полимерных композитов;
- данные с расчетными характеристиками цельномонолитных пролетных строений из композитных материалов для надземных пешеходных переходов, представленные в табличной форме.

2 Основные расчетные предпосылки

Расчет конструкции цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов для надземных пешеходных переходов выполнен методом конечных элементов с использованием программного комплекса MSC.Nastran. Создание расчетной конечно-элементной модели, а также анализ результатов расчета выполнялся с помощью программного комплекса MSC.Patran.

При расчете использовалась действующая нормативная документация.

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

- СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*»;

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

- ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций»;

- СТО 00204961-004-2011 «Пешеходные мосты и путепроводы из полимерных композитов».

Были учтены основные физико-механические характеристики стеклокомпозитов. Нагрузки применялись, с учетом соответствующих коэффициентов надежности, принятыми по СП 35.13330.2011 для элементов конструкции из композиционных материалов. Отметим также, что при расчетах были приняты во внимание поправочные коэффициенты, учитывающие ухудшение свойств материала в процессе эксплуатации.

Цельномонолитное пролетное строение из полимерных композитов для надземных пешеходных переходов имеет опирание в четырех точках.

Сила тяжести моделировалась как инерционная нагрузка, учитывающая полную массу пролета.

С целью унификации конструкций цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов и расширению области применения данного альбома типовых решений для строительства и проектирования

надземных пешеходных переходов на территории РФ (с учетом рабочего температурного режима самих конструкций в пределах от плюс 60°C до минус 60°C) было принято решение производить расчеты для VI снегового района и VII ветрового района строительства, согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*».

В расчетную модель для расчета элементов конструкции пролетного строения для надземного пешеходного перехода не включены модели конструкции остекления и перил. Нагрузки от остекления (с учетом снеговой нагрузки) и перил заданы в виде вертикальных сил к узлам арок. Значения данных нагрузок с целью унификации конструкций приняты из опыта проектирования и эксплуатации уже существующих подобных надземных пешеходных переходов. При значительном увеличении данных нагрузок в процессе индивидуального проектирования надземных пешеходных переходов с цельномонолитным пролетным строением необходимо внести коррективы в расчеты для уточнения опорных реакций.

Для расчета усилий в точках крепления конструкции пролетного строения от ветровых нагрузок была создана динамическая модель, учитывающая пульсацию ветровых нагрузок в диапазоне от 0 до 10 Гц.

Границы значений ветрового давления выбиралась из наихудшей комбинации направления ветров - предполагалось, что противоположные по направлениям порывы ветра поочередно воздействуют на конструкцию.

По результатам первого и второго этапов данной научно-исследовательской работы для дальнейшей разработки были выбраны следующие длины пролетных строений: 12.0 м, 15.0 м, 18.0 м, 20.0 м, 21.0 м, 22.0 м ... 30.0 м. На третьем этапе, в процессе работы непосредственно с производителями данных конструкций, было выяснено, что, в силу конструктивных особенностей и особенностей данного типа балок, изготовление длин 28.0 м, 29.0 м и 30.0 м – невозможно.

3 Заключение

Проведенные расчеты по предельным состояниям показывают, что конструкции цельномонолитных пролетных строений из полимерных композитов имеют запасы прочности и жесткости и могут быть применены при строительстве и проектировании надземных пешеходных переходов на территории РФ.

В настоящее время разработчиком продолжается сбор и анализ предложений и замечаний от рецензентов и заинтересованных организаций.

Разработчиком альбома типовых решений пролетных строений из полимерных композитов для надземных пешеходных переходов – Общество с ограниченной ответственностью «Руссинтэк».

117418, г. Москва, ул. Профсоюзная, 23, ООО «Руссинтэк», (495) 419-01-64, info@russintek.ru

Генеральный директор

ООО «Руссинтэк»

Зам. генерального директора

по технической политике

Ю.В. Данилов

Е.Ю. Крашенинин

Приложение В

Расчет строительных конструкций по теме «Разработка математической модели методом конечных элементов пролетного строения пешеходного моста длиной 18.0 м шириной прохожей части 2.25м с использованием различных элементов из ПКМ»

Проект

по теме "Разработка математической модели методом конечных элементов пролетного строения пешеходного моста длиной 18м шириной прохожей части 2.25м с использованием различных элементов из ПКМ"

РАЗДЕЛ: РАСЧЁТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

НТЦ 0.00.00.000

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Оглавление

1.	Введение	3
1.1.	Описание конструкции.....	3
1.2.	Нормативная база.....	7
1.3.	Свойства материалов.....	7
2.	Методика определение нормативных и расчетных величин нагрузок и сопротивлений материалов	10
2.1	Коэффициенты надёжности для элементов конструкции из композиционных материалов	10
2.2	Нагрузки и расчетные случаи	12
2.3	Расчётные значения свойств материалов	14
3.	Описание расчётной модели и методики расчёта	20
4.	Результаты расчётов.....	24
4.1.	Прочность.....	24
4.1.1.	Прочность при действии всех расчётных нагрузок	24
4.1.2.	Прочность при действии нагрузки от остекления и снега	39
4.1.3.	Прочность при действии пешеходной нагрузки.....	41
4.1.4.	Прочность при действии сосредоточенной нагрузки	43
4.2.	Устойчивость	43
4.3.	Выносливость.....	45
4.4.	Прогиб	46
4.4.1.	Прогиб от собственного веса.....	46
4.4.2.	Прогиб от суммарных нагрузок.....	47
4.4.3.	Прогиб от подвижной (пешеходной) нагрузки.....	48
4.5.	Собственные частоты колебаний.....	49
4.5.1.	Собственные частоты колебаний с учётом понижения физико-механических свойств материала в процессе эксплуатации..	49
4.5.2.	Собственные частоты колебаний с учётом снижения физико-механических свойств материала без нагрузки.....	50
4.5.3.	Собственные частоты колебаний при номинальных значениях физико-механических свойств.....	51
4.6.	Расчёт усилий в точках крепления от ветровых нагрузок.....	52
5.	Сводные таблицы запасов по предельным состояниям	56
6.	Заключение	59

Подп. и дата						НТЦ 0000.00.00.000		
Взам. инв. №	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	Расчёт пролётного строения композиционного моста		
Инв. № дубл.	Разраб.	Неутов И.Д.				Лит	Лист	Листов
	Пров.	Ильиных К.Л.				П	2	60
Подп. и дата	Т. контр.							
	Н. контр.							
	Утв.	Полиновский В.П.						
Инв. № подл.								

1. Введение

В данном документе приведены расчёты по предельным состояниям пролетных строений для пешеходного путепровода из композитных материалов (стеклопластик), клееной древесины (LVL-брус), заполнителя из пенополиуритана (ППУ) в качестве вспомогательного элемента.

Конструкция пешеходного путепровода включает в себя два пролетных строения.

1.1. Описание конструкции

Конструкция пролетного строения показана на рисунке 1.1, состоит из следующих элементов:

нижняя плита (имеет продольный изгиб с радиусом кривизны 240 м);
продольные борта переменной высоты (имеют развал $5^\circ+5^\circ$).

Плита, борта, арки и стойки выполнены по технологии трехслойной ("сэндвич") конструкции с несущими слоями из многослойного стеклопластика и пенополиуретановым заполнителем.

Плита, борта и стойки усилены поперечными ребрами жесткости с переменным шагом от 100 до 200 мм

Плита и борта усилены LVL-брусом с торцов конструкции шириной по 600 мм.

Арки усилены продольными ребрами жесткости.

Габаритные размеры конструкции:

длина -18,0 м;

ширина проходной части - 2,25 м;

высота - сечения в центре 1,4 м;

радиус изгиба плиты по нижней поверхности 240 м.

Конструкция балки по конечно-элементной модели (далее КЭМ) представлена на рисунках 1.1.-1.2.

Конструктивные элементы пролетного строения выполнены:

- из конструкционного стеклокомпозита СКК2, СКК4, СКК6, TX-Combiflow-300–TX изготавливаемого в соответствии с техническими условиями СТО 002.04.961-009- 2011;
- LVL-бруса тип 2, изготавливаемого в соответствии с техническими условиями ТУ 5366-052-6915009120-2008, ТУ 5512-053-6915009120-2008.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

ИТЦ 0000.000.00.000

Лист

3

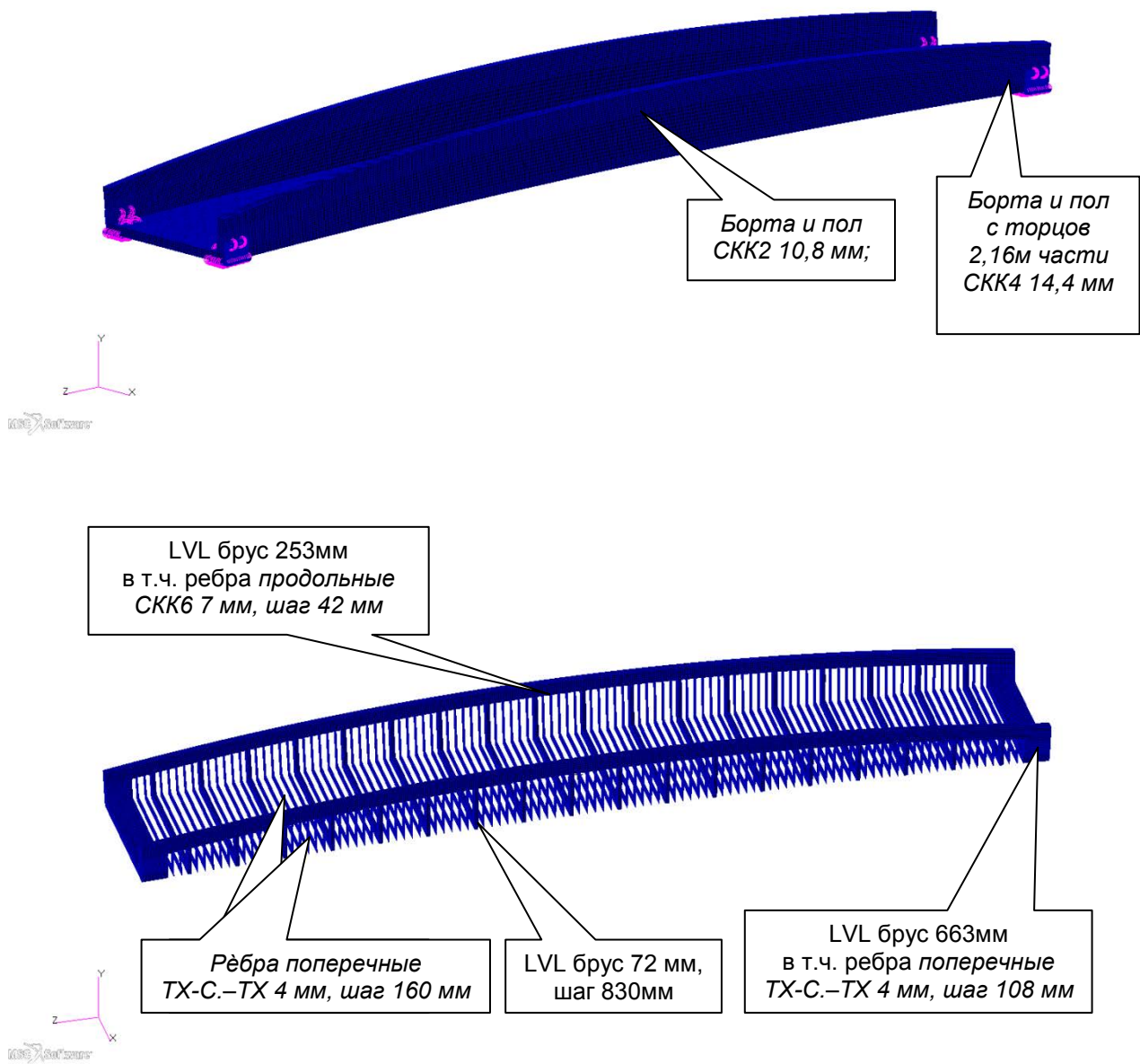


Рис. 1.1. Конструкция пролетного строения по КЭМ
(продолжение на следующей странице).

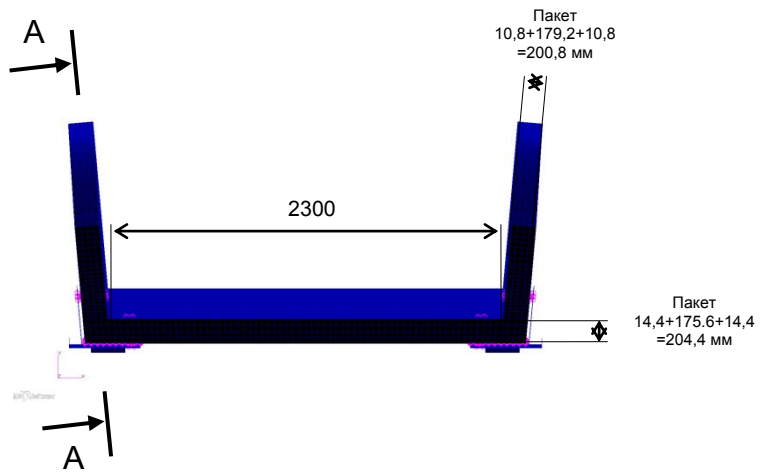
Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подп

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.000.00.000

Лист

4



A - A

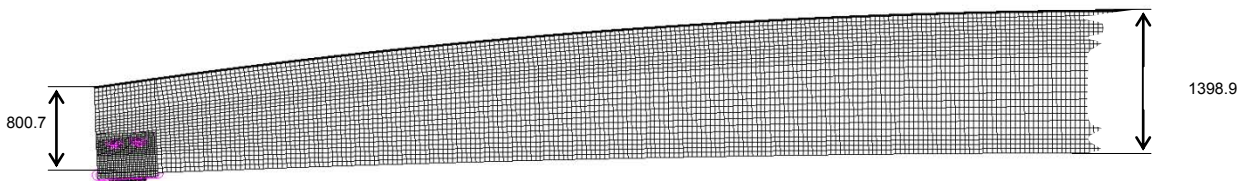


Рис. 1.1. Конструкция пролетного строения по КЭМ (начало на предыдущей странице).

Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № дубл.	Взам. инв. №
Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

НТЦ 0000.000.00.000

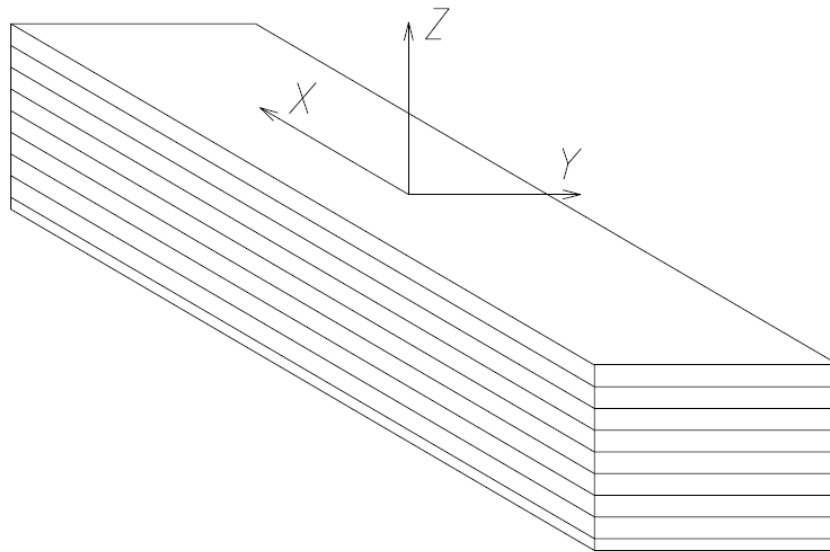


Рис. 1.2 - Расположение слоёв LVL-бруса.

Направления ориентации материалов представлены в таблице 1.1:

Табл. 1.1 Направления ориентации материалов

Элемент конструкции	Направление нулевого угла армирования
Плита	Вдоль пролёта
Продольные борта переменной высоты	Вдоль пролёта
LVL торцевых усилениях	Поперёк пролёта
LVL усиления арочной части продольных бортиков	Вдоль арочной части
Рёбра жёсткости	Вдоль рёбер

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подп	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

НТЦ 0000.000.00.000

Лист

6

1.2. Нормативная база

При расчетах пролетного строения для пешеходного путепровода использовалась следующая нормативная база:

- СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*»;
- СТО – 00204961-004-2012 Пешеходные мосты и путепроводы из полимерных композитов;
- ГОСТ Р 54257-2010 Надежность строительных конструкций.

1.3. Свойства материалов

При расчете пролетного строения для пешеходного путепровода были использованы материалы приведенные ниже в таблицах.

В таблице 1.1 приведены физико-механические характеристики стеклокомпозитов, примененных в пролетном строении.

В таблице 1.2 приведены свойства LVL-бруса тип 1. Свойства определены на основании заявленных изготовителем в ТУ.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	НТЦ 0000.000.00.000

Табл. 1.2 – Физико-механические характеристики стеклокомпозитов.

№	Характеристики		Принятые номинальные значения для композита, МПа			
			СКК2	СКК4	СКК6	ТХ-Com biflow-300-ТХ
1	Модуль упругости в направлении 0°, МПа		24809	18973	28856	13917
2	Модуль упругости в направлении 90°, МПа		9147	12661	6404	7162
3	Модуль сдвига, МПа		4623	5661	4319	4827
4	Коэффициент Пуассона в направлении		0.285	0.347	0.265	0.338
5	Растяжение	Прочность в направлении 0°, МПа	501	330	523	245
6		Прочность в направлении 90°, МПа	168	211	50	71
7	Сжатие	Прочность в направлении 0°, МПа	274	185	321	198
8		Прочность в направлении 90°, МПа	112	146	67	108
9	Сдвиг	Прочность, МПа	78	118	62	71
10	Плотность, кг/м ³		1800	1800	1800	1800

Име. № подл.	Подп. и дата
Име. № дубл.	Взам. инв. №
Име. № подл.	Подп. и дата
Име. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

ИТЦ 0000.000.00.000

Лист

8

Табл. 1.3 – Свойства LVL-бруса тип 1

№	Напряженное состояние	Характеристики	Принятые номинальные значения
1		Модуль упругости вдоль волокон, ГПа	10
2		Модуль упругости поперёк волокон, ГПа	3,5
3		Модуль сдвига, ГПа	0,9
4		Коэффициент Пуассона	0,3
5	Растяжение	Прочность вдоль волокон, МПа	27
		Прочность поперёк волокон, МПа	6,7
6	Сжатие	Прочность вдоль волокон, МПа	27
		Прочность поперёк волокон на ребре, МПа	12
		Прочность поперёк волокон на пласти, МПа	3,5
8	Сдвиг (скалывание)	Прочность вдоль волокон слоёв шпона, МПа	3,9
		Прочность поперёк волокон слоёв шпона, МПа	1,7
9		Плотность, кг/м ³	600

Име. № подл.	Подп. и дата
Име. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

ИТЦ 0000.000.00.000

Лист

9

2. Методика определение нормативных и расчетных величин нагрузок и сопротивлений материалов

2.1 Коэффициенты надёжности для элементов конструкции из композиционных материалов

Основное неравенство для расчёта элементов конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода из композиционных материалов записывается в следующем виде:

$$\gamma_n * \sum(S_i * \gamma_{fi}) \leq \frac{R}{\gamma_m \gamma_c}, \text{ где}$$

S - напряжения (деформации) от нормативных величин нагрузок;

R - нормативное сопротивление (или предельная деформация) композитного материала;

γ_f - коэффициент надёжности по нагрузке;

$\gamma_n=1,1$ - коэффициент надёжности по ответственности;

γ_m - коэффициент надёжности по материалу;

γ_c - коэффициент, учитывающий падение свойств материала в процесс эксплуатации (см. таблицу 2.2).

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

где: $\gamma_{m,1} = 1,35$ - коэффициент, учитывающий систематическую погрешность при экспериментальном определении свойств материала либо неточность математических моделей при расчётном определении свойств;

$\gamma_{m,2} = 1,2$ - коэффициент, учитывающий нестабильность свойств материала в конструкции при изготовлении. Значение коэффициента $\gamma_{m,2} = 1,2$, принято поскольку композитные элементы конструкции изготавливаются методом вакуумной инфузии с постотверждением.

$$R = R_m * (1 - 2,0 * \vartheta), \text{ где}$$

R_m - среднее значение сопротивления материала;

$\vartheta = 0,13$ - коэффициент вариации (при отсутствии экспериментальных данных испытаний образцов материала).

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Расчетные значения параметров жесткости определяются следующим образом:

$$E = \frac{E_{\text{НОМ}}}{\gamma_d \cdot \gamma_c}$$

где: E - расчетное значение параметров жесткости;

$E_{\text{НОМ}}$ - среднее значение параметров жесткости, определенное на испытаниях, взятое с надежностью 0,95;

γ_c - коэффициент, учитывающий падение свойств материала в процесс эксплуатации (см. таблицу 2.2);

$\gamma_d=1,1$ – коэффициент условий работы.

В соответствии с п.6.21 СП 35.13330.2011 динамический коэффициент к вертикальным подвижным нагрузкам для пешеходных мостов равен $(1+\mu)=1$.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

2.2 Нагрузки и расчетные случаи

При расчёте элементов конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода применялись следующие нагрузки.

В таблице 2.1 приведены значения нормативных и расчётных нагрузок, принятых в расчёте. Коэффициенты надёжности приняты в соответствии с СП 35.13330.2011.

Таблица 2.1 Нормативные и расчётные нагрузки, принятые в расчёте

№	Нагрузка	Норм. значение	Коэффициент надёжности по нагрузке, γ_f	Расч. значение, кН/м^2
Постоянные				
1	Собственный вес пролетного строения	4,255 кН/м	1,1 (0,9)	4,68 кН/м (3,829 кН/м)
2	Остекление	1,693 кН/м	1,1 (0,9)	1,862 кН/м (1,524 кН/м)
3	Перильные ограждения	1,3 кН/м	1,1 (0,9)	1,43 кН/м (1,17 кН/м)
4	Покрытие ($\delta = 8\text{мм}$)	0,12 кН/м^2	1,5 (0,9)	0,18 кН/м^2 (0,11 кН/м^2)
Временные				
5	Временная нагрузка от пешеходов (п. 6.21 СП 35.13330-2011)	4,0 кН/м^2	1,4	5,6 кН/м^2
6	Сосредоточенное давление	3,4 кН	1,4	4,8 кН
7	Снеговая нагрузка	1,8* кН/м^2	1,4	2,52 кН/м^2
Прочие				
8	Ветровая нагрузка	1 кН/м^2	1,4	1,4 кН/м^2

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

НТЦ 0000.00.00.000

Лист

12

Предельные случаи			Пункт	Нагрузка	γ_f	Значение			
Первое предельное состояние	Прочность	От всех расчётных нагрузок	4.1.1	Собственный вес пролетного строения	1,1	4,68 кН/м			
				Остекление	1,1	1,862 кН/м			
				Перильные ограждения	1,1	1,43 кН/м			
				Покрытие	1,5	0,18 кН/м ²			
				Временная нагрузка от пешеходов	1,4	5,6 кН/м ²			
		Снеговая нагрузка	1,4	2,52 кН/м ²					
		От остекления и снега	4.1.2	Собственный вес пролетного строения	1,1	4,68 кН/м			
				Остекление	1,1	1,862 кН/м			
				Перильные ограждения	1,1	1,43 кН/м			
				Покрытие	1,5	0,18 кН/м ²			
	Снеговая нагрузка			1,4	2,52 кН/м ²				
	От пешеходной нагрузки	4.1.3	Собственный вес пролетного строения	1,1	4,68 кН/м				
			Временная нагрузка от пешеходов	1,4	5,6 кН/м ²				
			Покрытие	1,5	0,18 кН/м ²				
	От сосредоточенного давления	4.1.4	Сосредоточенное давление	1,4	4,8 кН				
	Устойчивость			4.2	Собственный вес пролетного строения	1,1	4,68 кН/м		
					Остекление	1,1	1,862 кН/м		
					Перильные ограждения	1,1	1,43 кН/м		
					Покрытие	1,5	0,18 кН/м ²		
					Временная нагрузка от пешеходов	1,4	5,6 кН/м ²		
Снеговая нагрузка					1,4	2,52 кН/м ²			
Выносливость					4.3	Временная нагрузка от пешеходов	1,4	5,6 кН/м ²	
						Снеговая нагрузка	1,4	2,52 кН/м ²	
Усилия в опорах от					ветровой нагрузки	4.6	Собственный вес пролетного строения	0,9	3,829 кН/м
							Остекление	0,9	1,523 кН/м
	Перильные ограждения	0,9	1,17 кН/м						
	Покрытие	0,9	0,11 кН/м ²						
	Ветровая нагрузка	1,4	1,4 кН/м ²						
Второе предельное состояние	Прогиб от:	собственного веса	4.4.1	Собственный вес пролетного строения	-	4,255 кН/м			
		Σ нагрузок	4.4.2	Собственный вес пролетного строения	-	4,255 кН/м			
	Остекление			-	1,693 кН/м				
	Перильные ограждения			-	1,3 кН/м				
	Покрытие			-	0,12 кН/м ²				
	Временная нагрузка от пешеходов			-	4,0 кН/м ²				
	Снеговая нагрузка	-	1,8 кН/м ²						
	пешеходной нагрузки	4.4.3	Временная нагрузка от пешеходов	-	4,0 кН/м ²				
	Собственные частоты колебаний		4.5.1	Дополнительная масса от пешеходов	-	50 кг/ м ²			
			4.5.3						
4.5.2			Без дополнительной массы	-	-				

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Ине. № инв.	Подп. и дата
Ине. № инв.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

Лист

13

2.3 Расчётные значения свойств материалов

При расчёте элементов конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода принимаются следующие расчётные свойства материалов.

В таблице 2.2 показана структура формирования коэффициента γ_c для каждого из рассматриваемых случаев предельного состояния.

По данным таблиц 1.1 и 2.2 были сформированы таблицы 2.3- 2.5, где приводятся нормативные и расчётные значения деформативно-прочностных характеристик многослойных композитов для различных предельных состояний.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	НТЦ 0000.00.00.000					Лист
										14
					Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подл.	
Дата	

Таблица 2.2 - Поправочные коэффициенты учитывающие ухудшение свойств материала в процессе эксплуатации

Название	Первое предельное состояние				Второе предельное состояние					
	Прочность	Устойчивость	Выносливость	Усилия в опорах	Прогиб			Собственные частоты колебаний		
					От собственного веса конструкции	От всех нагрузок	От пешеходов	С учетом массы пешеходов	Без учета массы пешеходов	С учетом массы пешеходов
Поправочный коэффициент на температуру	1.1	1.1	1.1	-	1.1	1.1	1.1	1.1	1,1	-
Поправочный коэффициент на влажность	1.1	1.1	1.1	-	1.1	1.1	1.1	1.1	1,1	-
Поправочный коэффициент на ползучесть	1.46	1.46	-	-	1.46	1.46	-	-	-	-
Поправочный коэффициент на усталость	-	1.1	-	-	1.1	1.1	1.1	1.1	1,1	-
Климатический поправочный коэффициент (морозостойкость)	1.07	-	1.07	-	-	-	-	-	-	-
Итоговый коэффициент надёжности	1.89	1.94	1.29	1	1.94	1.94	1.33	1.33	1.33	1
Коэффициент качества	1.62		1.62							
Коэффициент условий работы		1.1			1.1	1.1	1.1			
Итоговый поправочный коэффициент	3,06	2,13	2,09	1	2,13	2,13	1,46	1,33	1,33	1
	*	**	*	**	**	**	**	**	**	**

*Применительно к пределам прочности

**Применительно к модулям упругости и сдвига

НТЦ 0000.00.00.000

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 2.3 расчетные характеристики многослойного композита СКК2 для различных предельных состояний

Название материала	Характеристики	№	Принятые номинальные значения,	Принятые расчётные значения								
				Первое предельное состояние				Второе предельное состояние				
				Прочность	Устойчивость	Выносливость	Усилия в опорах	Прогиб от:		Собственные частоты колебаний		
								Собственного веса	Σ нагрузок	Пешеходной нагрузки	С пешеходной нагрузкой	Без пешеходной нагрузки
Композит СКК2	Модуль упругости в направлении 0°, МПа	1	24809	24809	11647	24809	24809	11647	16992	18653	24809	
	Модуль упругости в направлении 90°, МПа	2	9147	9147	4294	9147	9147	4294	6265	6877	9147	
	Модуль сдвига, МПа	3	4623	4623	2170	4623	4623	2170	3166	3475	4623	
	Коэффициент Пуассона	4	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	
	Растяжение	Прочность в направлении 0°, МПа	5	501	163	-	239	-	-	-	-	-
		Прочность в направлении 90°, МПа	6	168	54	-	80	-	-	-	-	-
	Сжатие	Прочность в направлении 0°, МПа	7	274	89	-	131	-	-	-	-	-
		Прочность в направлении 90°, МПа	8	112	36	-	53	-	-	-	-	-
	Сдвиг	Прочность, МПа	9	78	25	-	37	-	-	-	-	-

НТЦ 0000.00.00.000

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 2.4 расчетные характеристики многослойного композита СКК4 для различных предельных состояний

Название материала	Характеристики	№	Принятые номинальные значения,	Принятые расчётные значения								
				Первое предельное состояние				Второе предельное состояние				
				Прочность	Устойчивость	Выносливость	Усилия в опорах	Прогиб от:			Собственные частоты колебаний	
								Собственного веса	Σ нагрузок	Пешеходной нагрузки	С пешеходной нагрузкой	Без пешеходной нагрузки
Композит СКК4	Модуль упругости в направлении 0°, МПа	1	18973	18973	8907	18973	18973	8907	12995	14265	18973	
	Модуль упругости в направлении 90°, МПа	2	12661	12661	5944	12661	12661	5944	8671	9519	12661	
	Модуль сдвига, МПа	3	5661	5661	2657	5661	5661	2657	3877	4256	5661	
	Коэффициент Пуассона	4	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	
	Растяжение	Прочность в направлении 0°, МПа	5	330	107	-	157	-	-	-	-	-
		Прочность в направлении 90°, МПа	6	211	68	-	100	-	-	-	-	-
	Сжатие	Прочность в направлении 0°, МПа	7	185	60	-	88	-	-	-	-	-
		Прочность в направлении 90°, МПа	8	146	47	-	69	-	-	-	-	-
	Сдвиг	Прочность, МПа	9	118	38	-	56	-	-	-	-	-

НТЦ 0000.00.00.000

Инв № подл	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 2.5 расчетные характеристики многослойного композита СКК6 для различных предельных состояний

Название материала	Характеристики	№	Принятые номинальные значения,	Принятые расчётные значения								
				Первое предельное состояние				Второе предельное состояние				
				Прочность	Устойчивость	Выносливость	Усилia в опорах	Прогиб от:		Собственные частоты колебаний		
								Собственного веса	Σ нагрузок	Пешеходной нагрузки	С пешеходной нагрузкой	Без пешеходной нагрузки
Композит СКК6	Модуль упругости в направлении 0°, МПа	1	28856	28856	13547	28856	28856	13547	19764	21696	28856	
	Модуль упругости в направлении 90°, МПа	2	6404	6404	3006	6404	6404	3006	4386	4815	6404	
	Модуль сдвига, МПа	3	4319	4319	2027	4319	4319	2027	2958	3247	4319	
	Коэффициент Пуассона	4	0,265	0,265	0,265	0,265	0,265	0,265	0,265	0,265	0,265	
	Растяжение	Прочность в направлении 0°, МПа	5	523	170	-	250	-	-	-	-	-
		Прочность в направлении 90°, МПа	6	50	16	-	23	-	-	-	-	-
	Сжатие	Прочность в направлении 0°, МПа	7	321	104	-	153	-	-	-	-	-
		Прочность в направлении 90°, МПа	8	67	21	-	32	-	-	-	-	-
	Сдвиг	Прочность, МПа	9	62	20	-	29	-	-	-	-	-

НТЦ 0000.00.00.000

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подл.	Дата

Таблица 2.6 расчетные характеристики многослойного композита TX-Combiflow-300–TX для различных предельных состояний

Название материала	Характеристики	№	Принятые номинальные значения,	Принятые расчётные значения								
				Первое предельное состояние				Второе предельное состояние				
				Прочность	Устойчивость	Выносливость	Усилия в опорах	Прогиб от:			Собственные частоты колебаний	
								Собственного веса	Σ нагрузок	Пешеходной нагрузки	С пешеходной нагрузкой	Без пешеходной нагрузки
Композит TX-Combiflow-300–TX	Модуль упругости в направлении 0°, МПа	1	13917	13917	6533	13917	13917	6533	9532	10463	13917	
	Модуль упругости в направлении 90°, МПа	2	7162	7162	3362	7162	7162	3362	4905	5384	7162	
	Модуль сдвига, МПа	3	4827	4827	2266	4827	4827	2266	3306	3629	4827	
	Коэффициент Пуассона	4	0,338	0,338	0,338	0,338	0,338	0,338	0,338	0,338	0,338	
	Растяжение	Прочность в направлении 0°, МПа	5	245	80	-	117	-	-	-	-	-
		Прочность в направлении 90°, МПа	6	71	23	-	33	-	-	-	-	-
	Сжатие	Прочность в направлении 0°, МПа	7	198	64	-	94	-	-	-	-	-
		Прочность в направлении 90°, МПа	8	108	35	-	51	-	-	-	-	-
	Сдвиг	Прочность, МПа	9	71	23	-	33	-	-	-	-	-

НТЦ 0000.00.00.000

3. Описание расчётной модели и методики расчёта

Расчёт конструкции пролётного строения для пешеходного путепровода выполнен методом конечных элементов с использованием программного комплекса MSC.Nastran. Создание расчётной конечно-элементной модели, а также анализ результатов расчёта выполнялся с помощью программного комплекса MSC.Patran. Элементы конструкции, изготавливаемые из многослойного композиционного материала, моделировались при помощи элементов типа QUAD4 с заданием свойств многослойного композита. LVL-брус моделировался с помощью объёмных конечных элементов типа HEX8 с заданием свойств трехмерного ортотропного материала.

На рисунке 3.1 приведена КЭМ пролётного строения композитного моста.

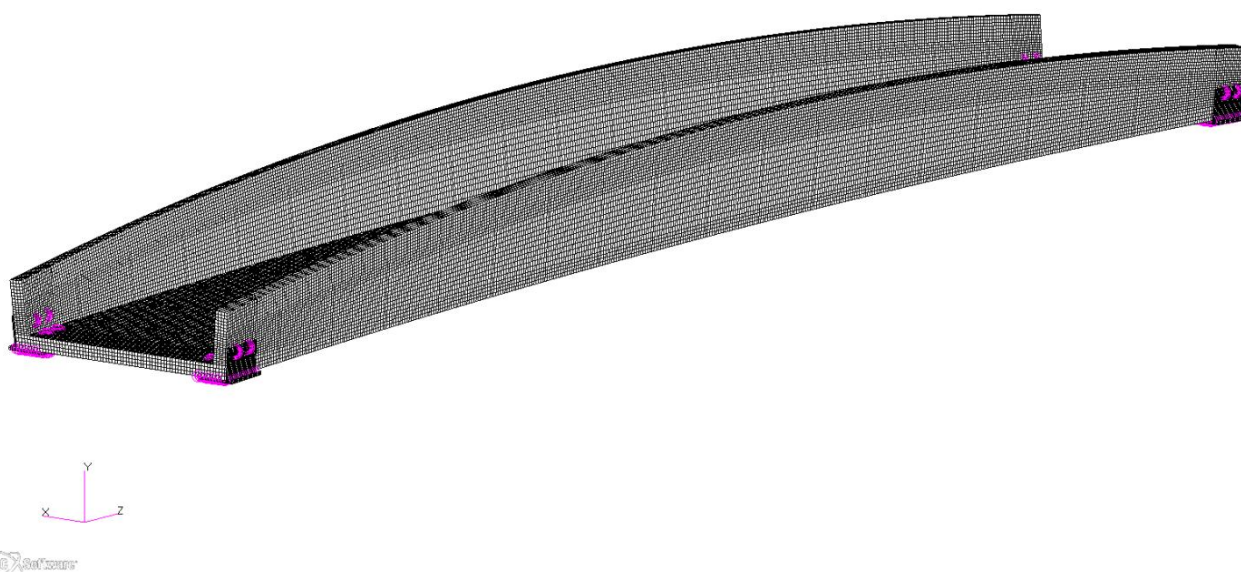


Рис. 3.1 - КЭМ пролётного строения композитного моста

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подп

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

Лист

20

Пролетное строение для пешеходного путепровода имеет опирание в четырех точках. На рисунке 3.2 изображена схема закрепления. В таблице 3.1 приведены закрепленные степени свободы в узлах основания.

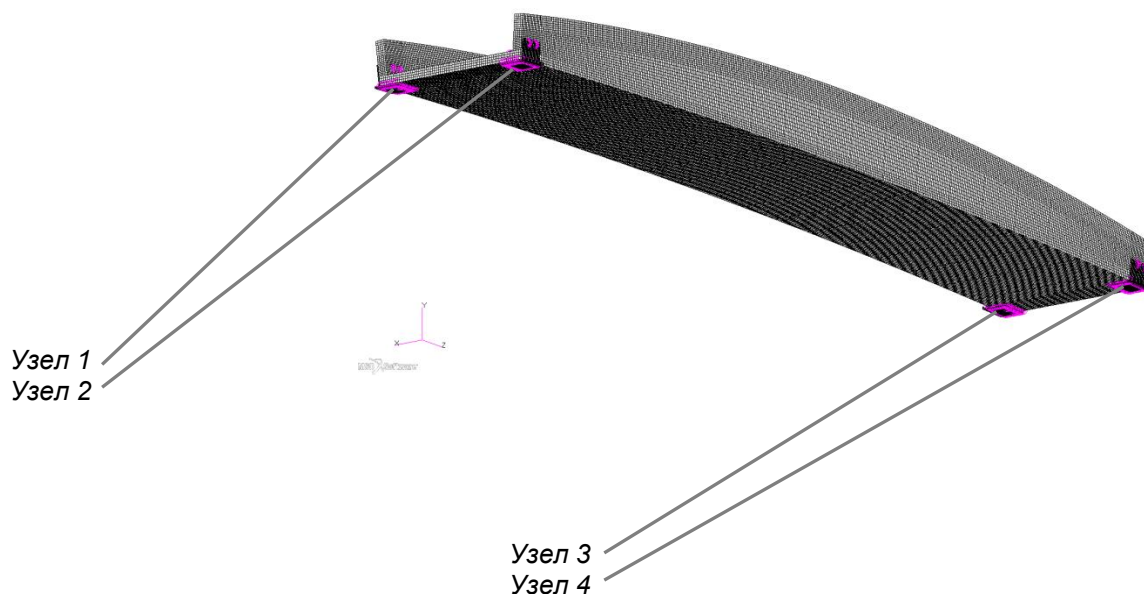


Рис. 3.2 - Схема закрепления

Табл. 3.1 - закреплённые степени свободы в узлах

Номер узла	Направление перемещения		
	X	Y	Z
1		+	
2	+	+	+
3		+	
4	+	+	

В расчетную модель не включены жёсткость и плотность ППУ. Сила тяжести моделировалась как инерционная нагрузка, учитывающая полную массу пролёта (в том числе с ППУ).

При расчётах на собственные частоты плотность ППУ учитывалась путём увеличения плотности других материалов.

В таблице 3.2 приводятся массовые характеристики по КЭМ.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подп

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Табл. 3.2 - массовые характеристики по КЭМ.

Масса без ППУ	7 066 кг
Масса ППУ	740 кг
Масса с ППУ	7 806 кг

В расчетную модель для расчёта элементов конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода не включены модели конструкции остекления и перил. Нагрузки от остекления (с учетом снеговой нагрузки) и перил заданы в виде вертикальных сил к узлам арок. Схема нагружения массой снега, остекления и перил приведена на рисунке 3.2.

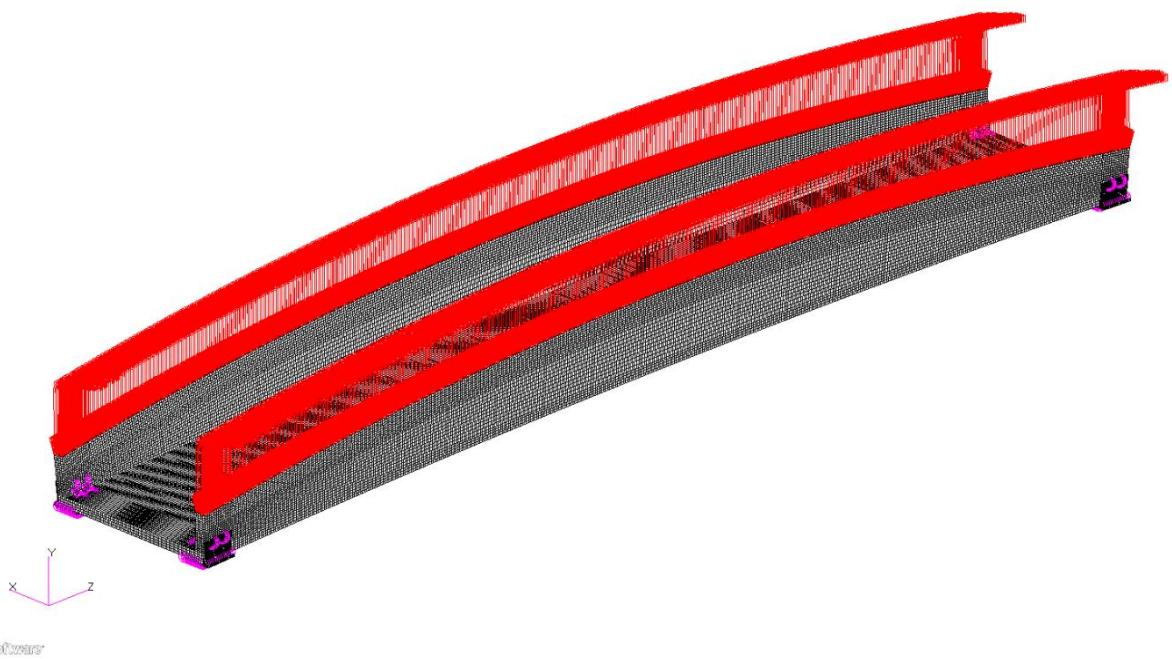


Рис. 3.2 - Схема нагружения массой снега, остекления и перил.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подп

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

Распределённая нагрузка на пешеходный мост (п. 6.21 СП 35.13330-2011) от пешеходов задана в виде вертикальных сил к узлам на пешеходной части (шириной 3 м). Схема нагружения массой пешеходов приведена на рисунке 3.3.

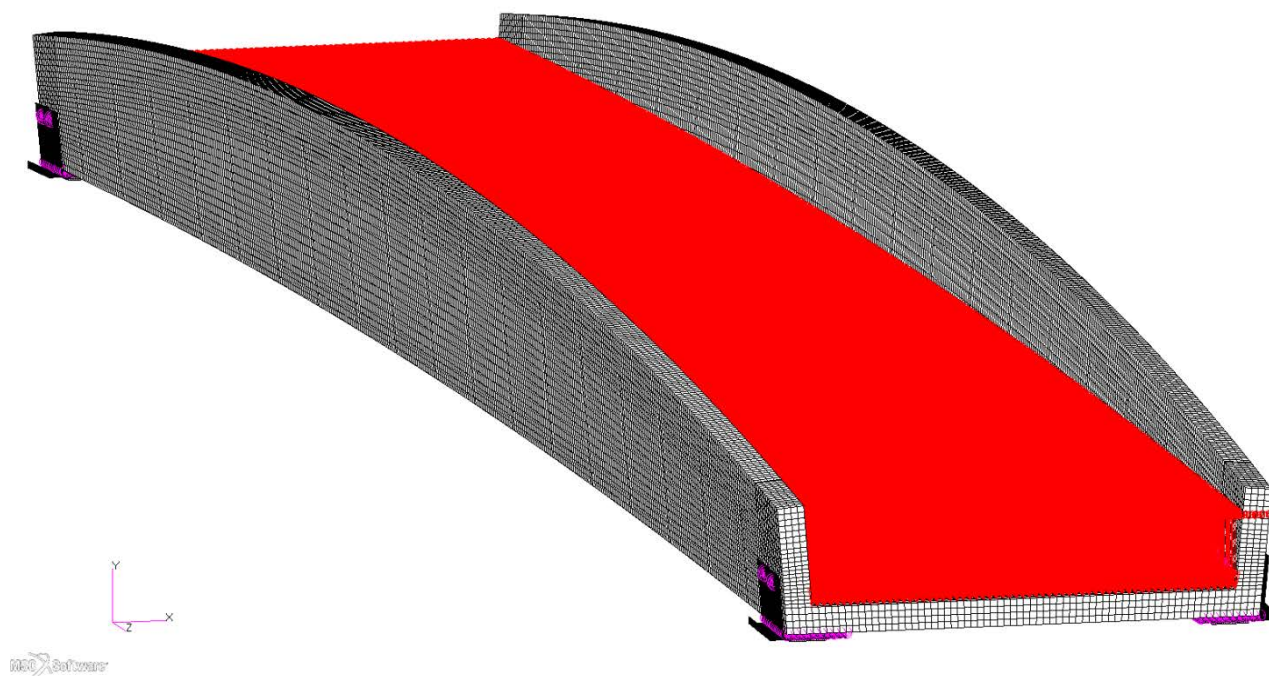


Рис. 3.3 - Схема нагружения массой пешеходов.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Изн. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

НТЦ 0000.00.00.000

Лист

23

4. Результаты расчётов

4.1. Прочность

4.1.1. Прочность при действии всех расчётных нагрузок

Предельное состояние			Нагрузка	Значение
Первое предельное состояние	Прочность	От всех расчётных нагрузок	Собственный вес несущей конструкции	4,68 кН/м
			Нагрузка от остекления	1,862 кН/м
			Нагрузка от перил	1,43 кН/м
			Нагрузка от веса покрытия ($\delta = 8\text{мм}$)	0,18 кН/м ²
			Временная нагрузка на пешеходный мост от пешеходов (п. 6.21 СП 35.13330-2011)	5,6 кН/м ²
			Снеговая нагрузка	2,52 кН/м ²

Результаты расчёта элементов конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода приведены на рисунках 4.1 - 4.27.

Patran 2012 64-Bit 01-Jul-14 18:57:58

Fringe: 4_1_1_vse_nagruzki, Static Subcase, Stress Tensor, X Component, Maximum, 2 of 3 layers

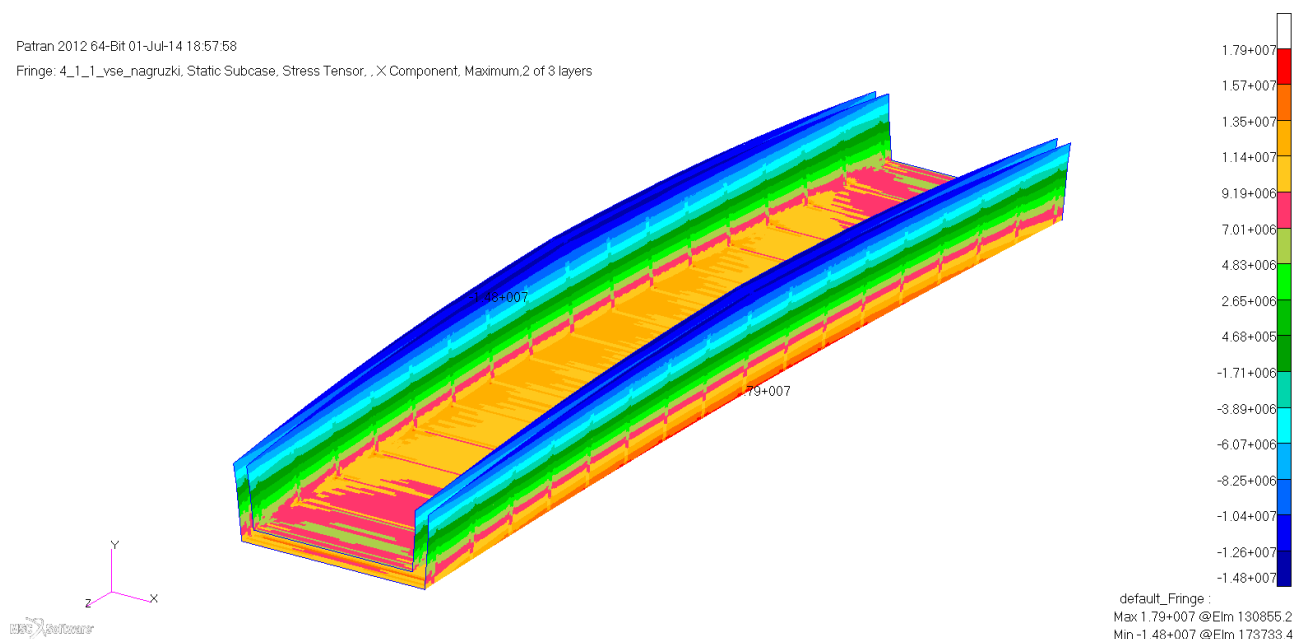


Рис. 4.1 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита СКК2 вдоль оси пролётного строения (максимальное значение растяжения 17,9 МПа)

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

Лист

24

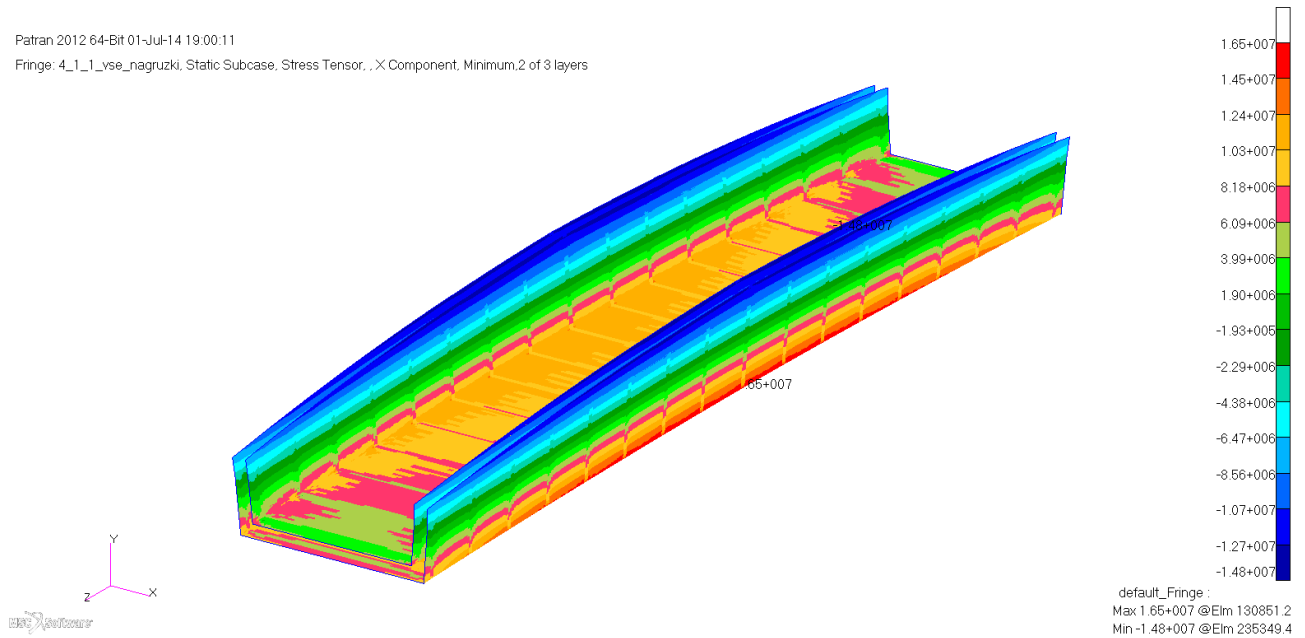


Рис. 4.2 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита СКК2 вдоль оси пролётного строения (максимальное значение сжатия 14,8 МПа)

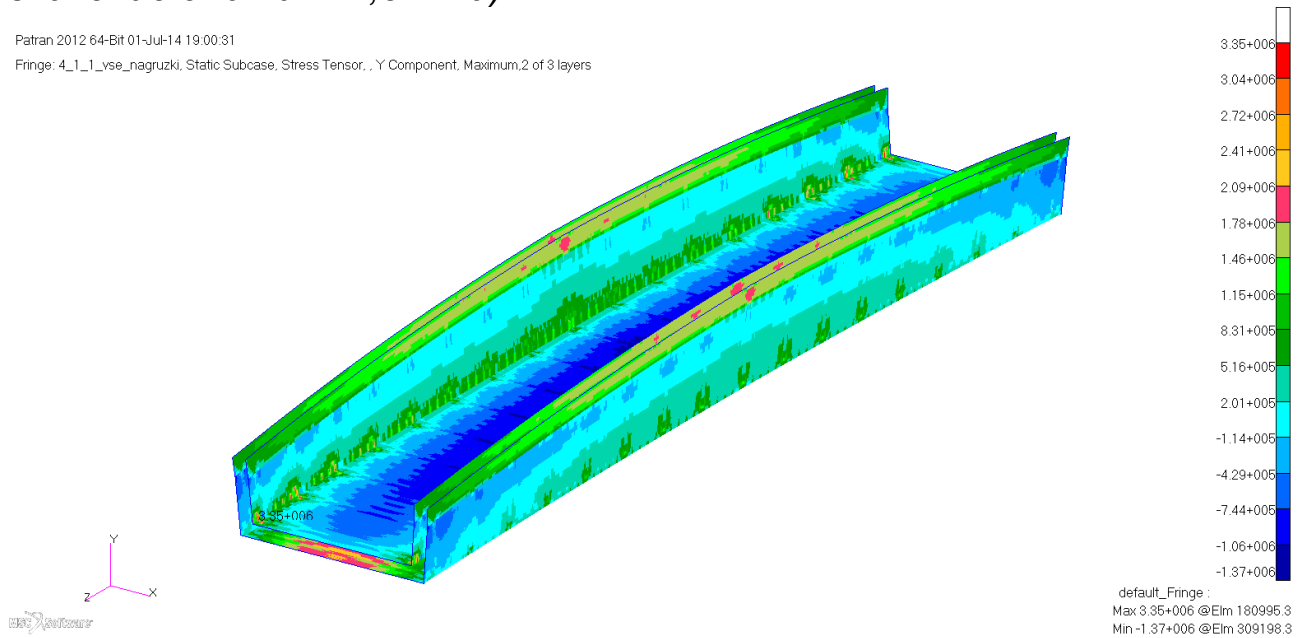


Рис. 4.3 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита СКК2 перпендикулярно оси пролётного строения (максимальное значение растяжения 3,35 МПа)

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инва. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

НТЦ 0000.00.00.000

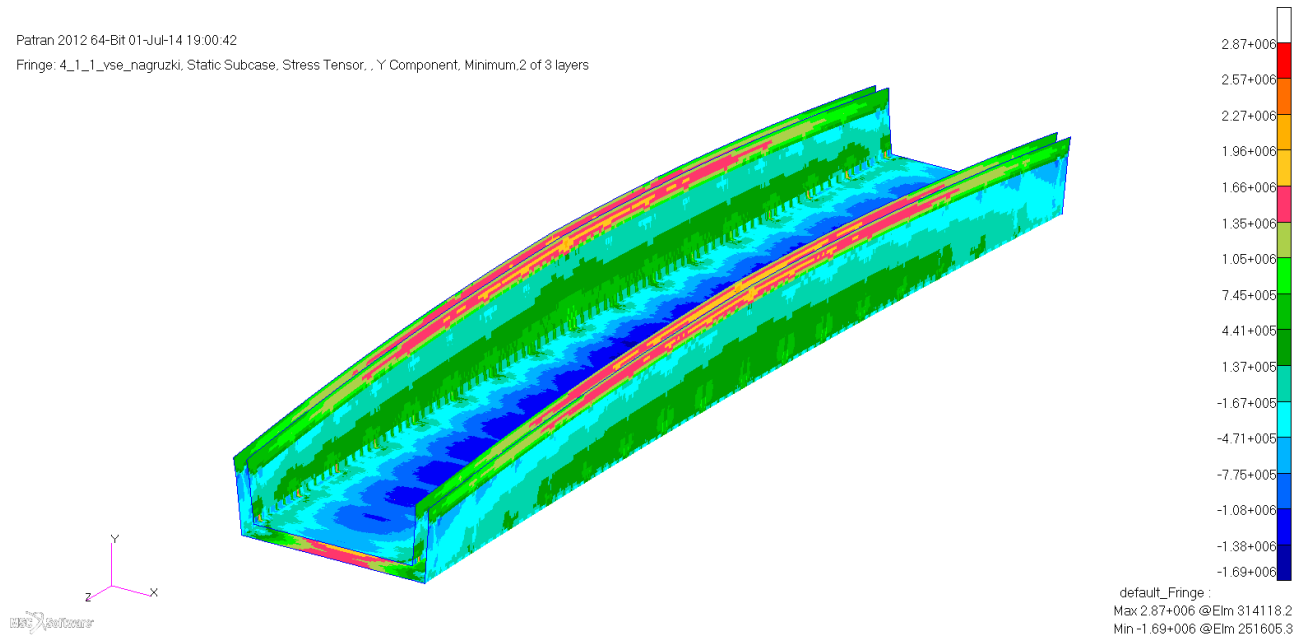


Рис. 4.4 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита СКК2 перпендикулярно оси пролётного строения (максимальное значение сжатия 1,69 МПа)

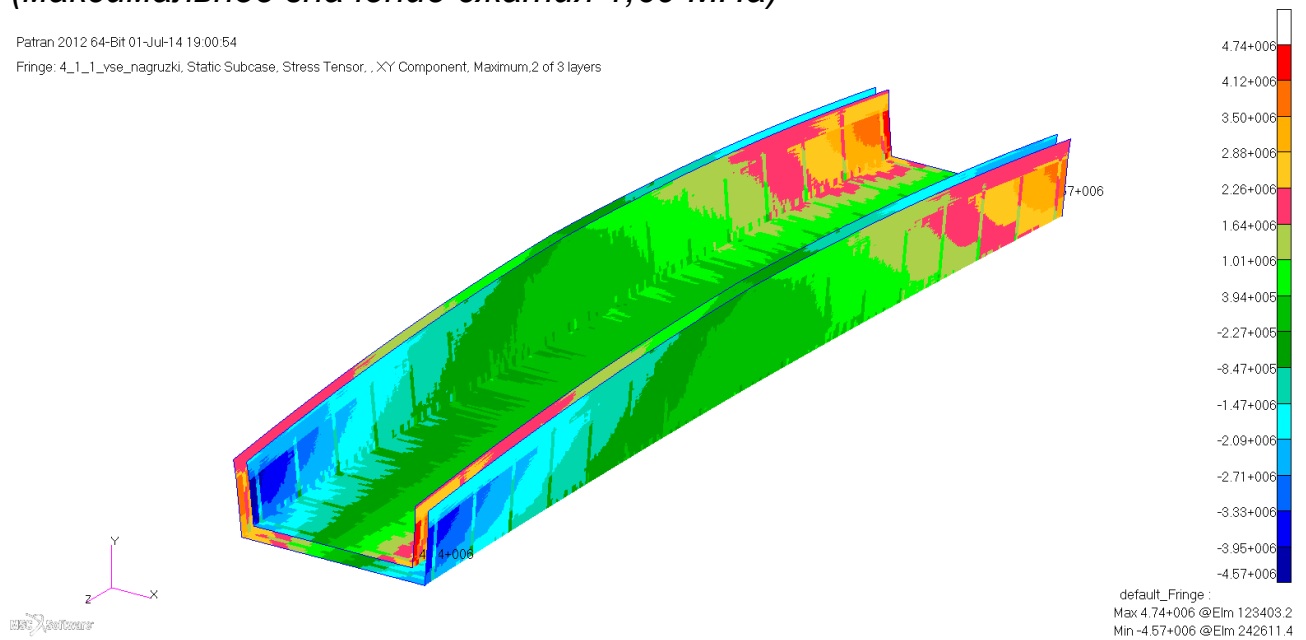


Рис. 4.5 - распределение сдвиговых напряжений в несущем слое композита СКК2 (максимальное значение 4,74 МПа)

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

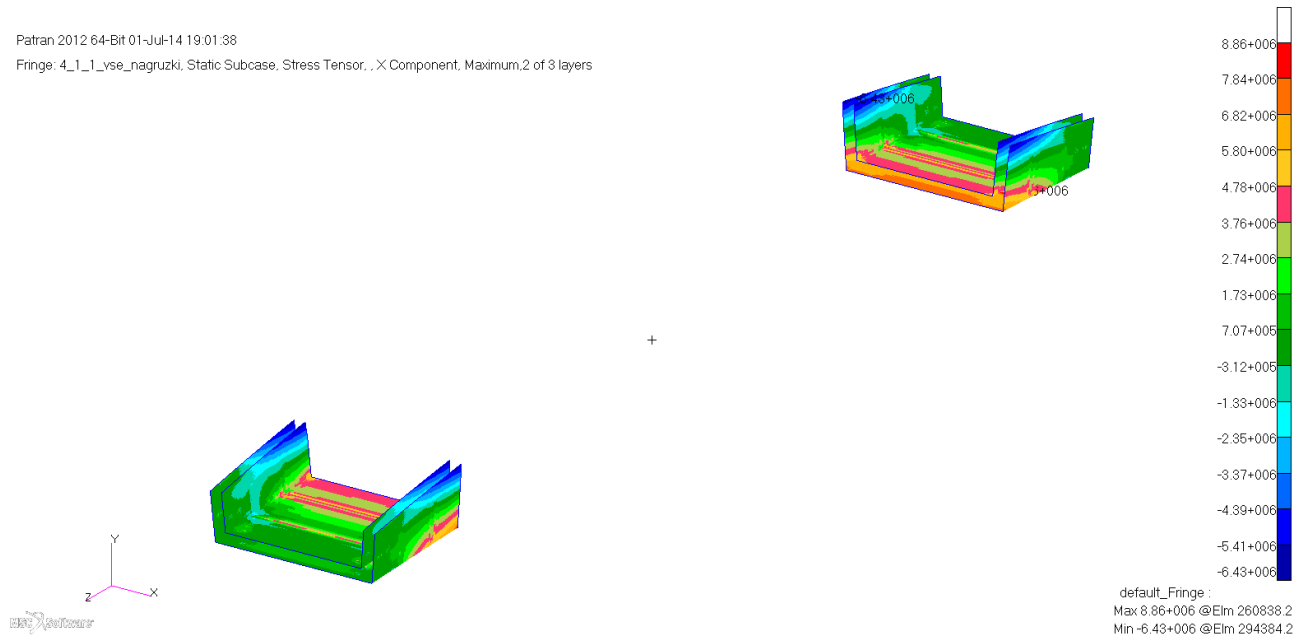


Рис. 4.6 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита СКК4 в направлении 0^0 ориентации материала (максимальное значение растяжения 8,86 МПа)

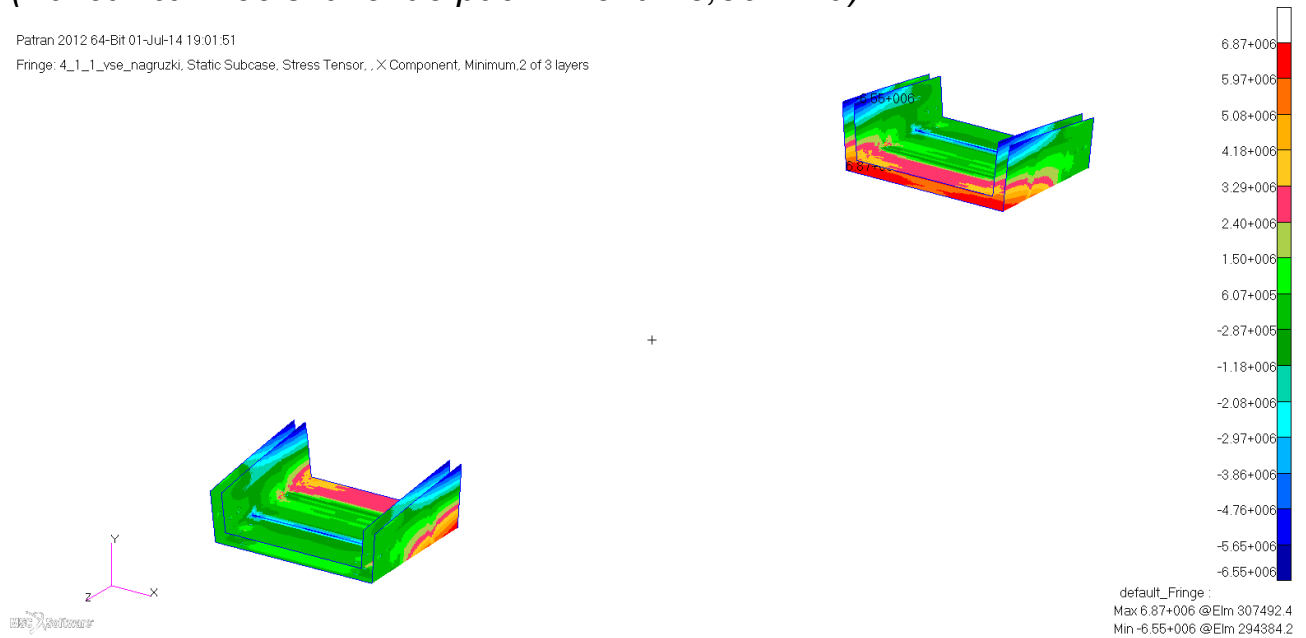


Рис. 4.7 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита СКК4 в направлении 0^0 ориентации материала (максимальное значение сжатия 6,55 МПа)

Инва. № подп	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Инва. № подп	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

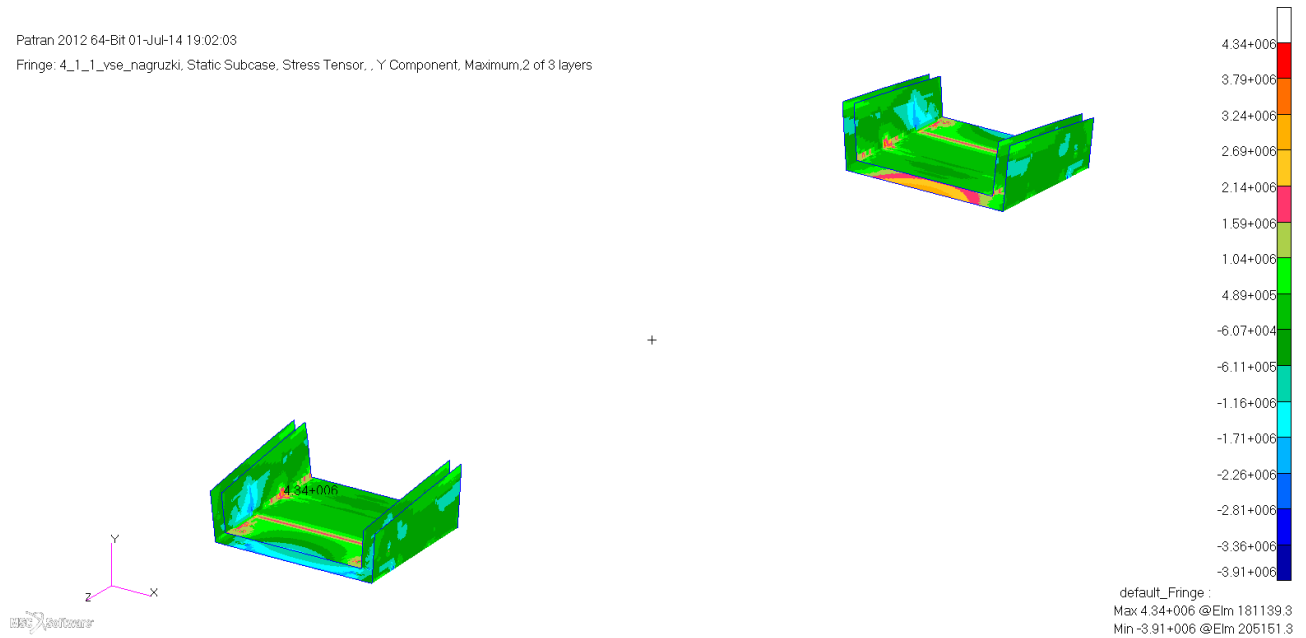


Рис. 4.8 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита СКК4 в направлении 90° ориентации материала (максимальное значение растяжения 4,34 МПа)

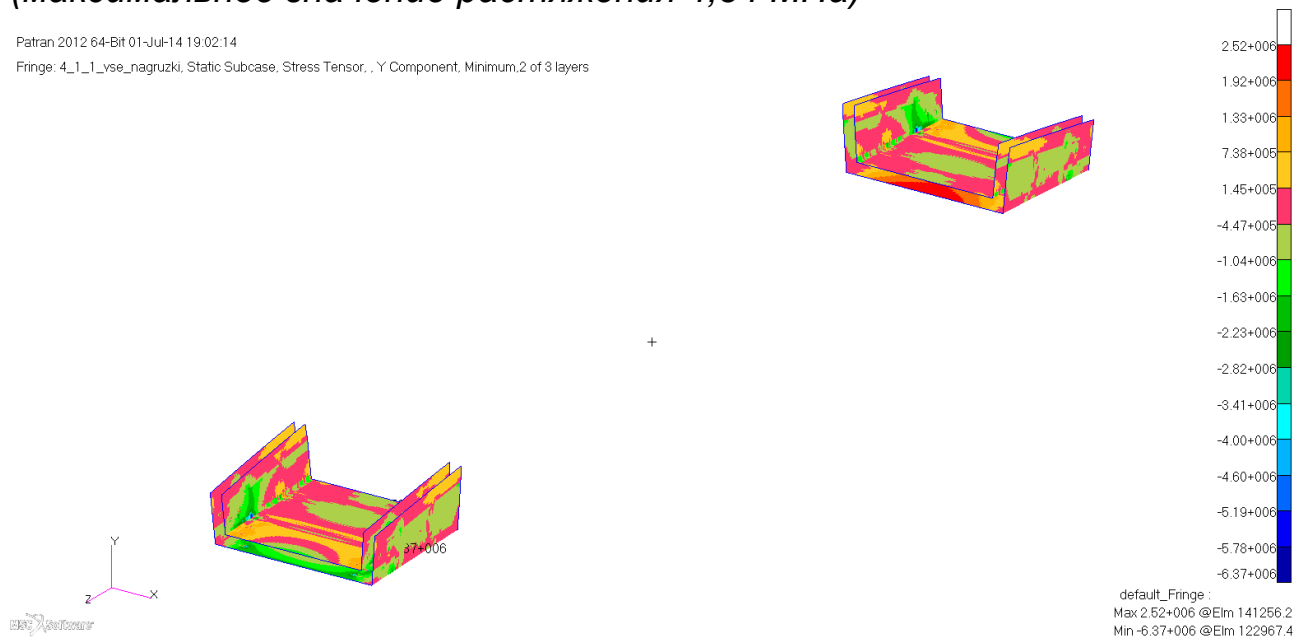


Рис. 4.9 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита СКК4 в направлении 90° ориентации материала (максимальное значение сжатия 6,37 МПа)

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

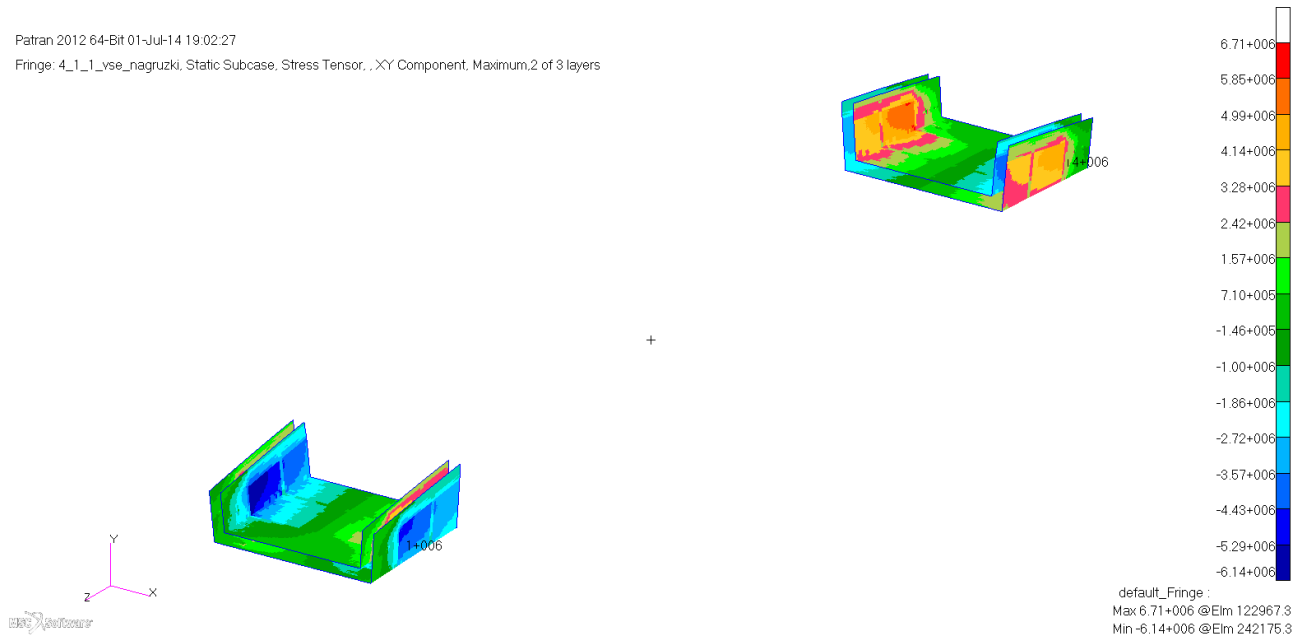


Рис. 4.10 - распределение сдвиговых напряжений в несущем слое композита СКК4 (максимальное значение 6,71 МПа)

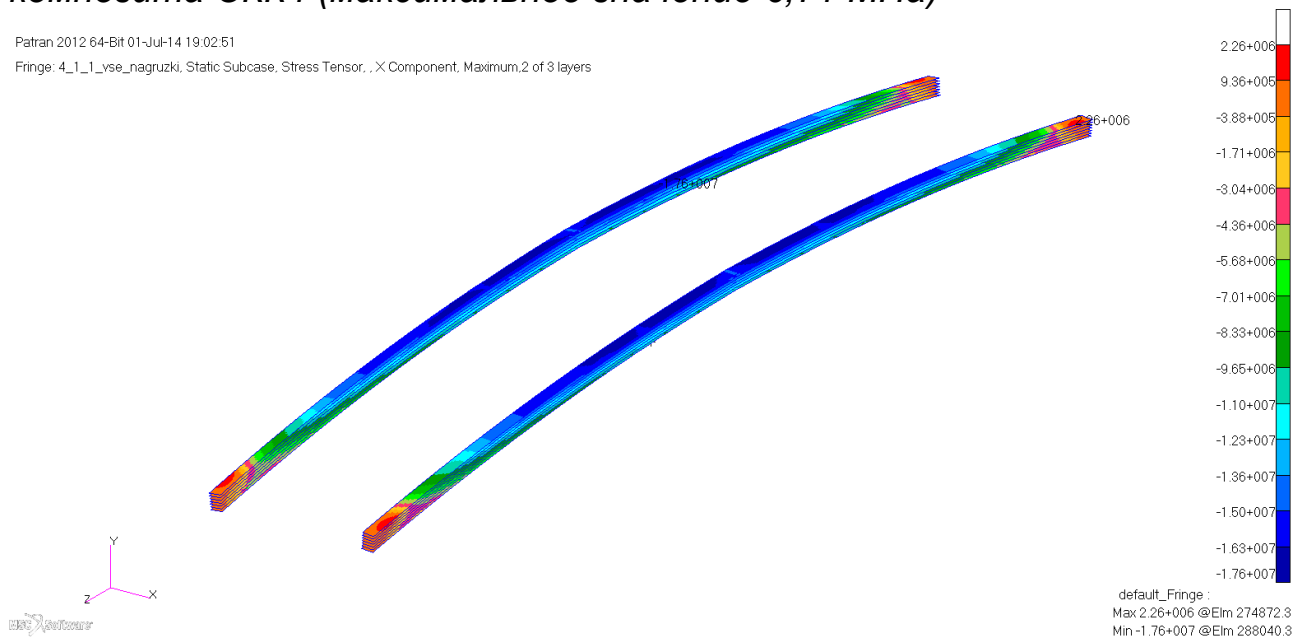


Рис. 4.11 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита СКК6 в направлении 0° ориентации материала (максимальное значение растяжения 2,26 МПа)

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

HTЦ 0000.00.00.000

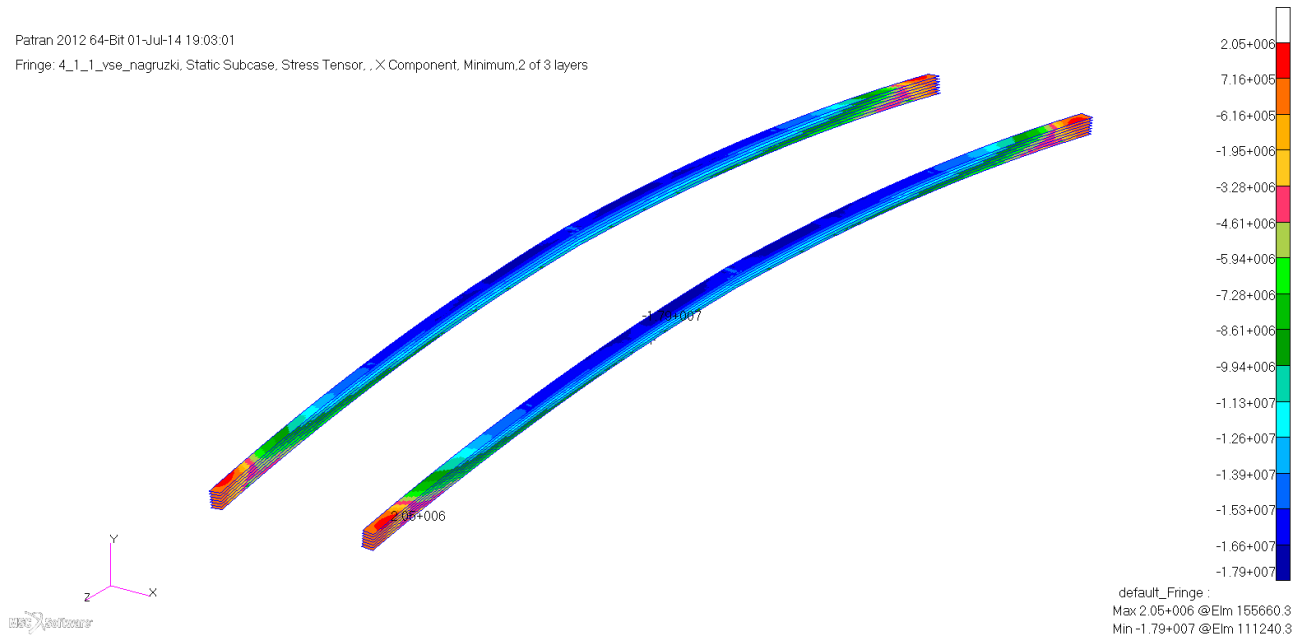


Рис. 4.12 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита СКК6 в направлении 0^0 ориентации материала (максимальное значение сжатия 17,9 МПа)

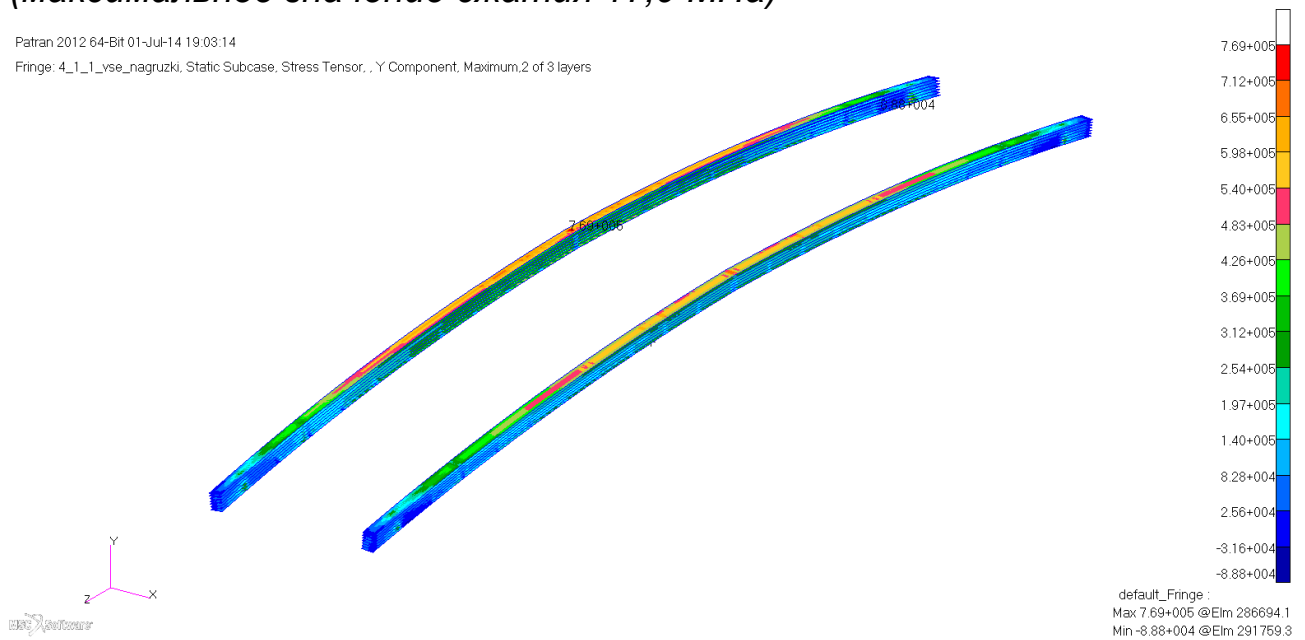


Рис. 4.13 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита СКК6 в направлении 90^0 ориентации материала (максимальное значение растяжения 0,77 МПа)

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

НТЦ 0000.00.00.000

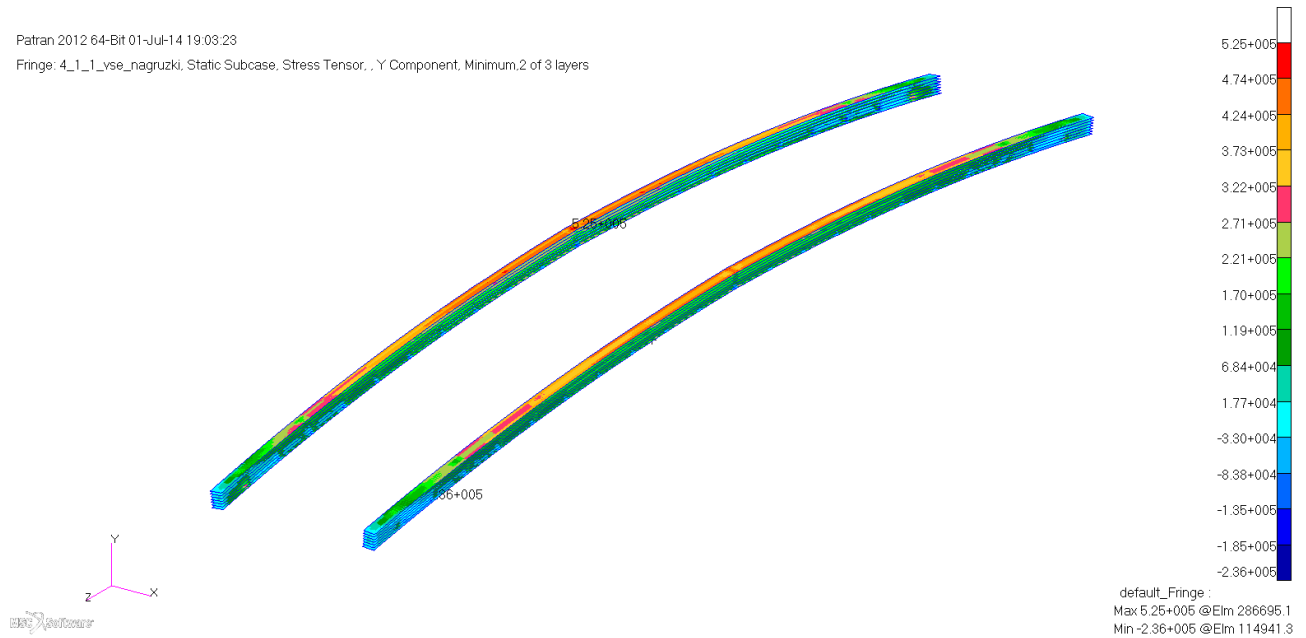


Рис. 4.14 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита СКК6 в направлении 90^0 ориентации материала (максимальное значение сжатия 0,24 МПа)

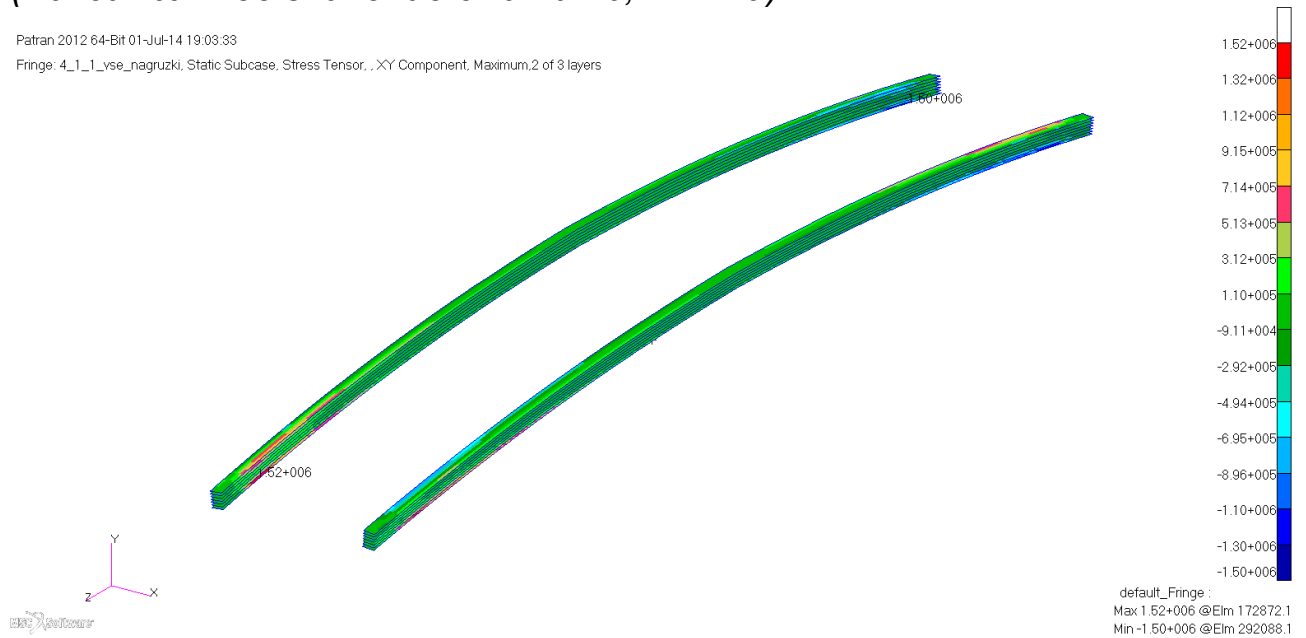


Рис. 4.15 - распределение сдвиговых напряжений в несущем слое композита СКК6 (максимальное значение 1,52 МПа)

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

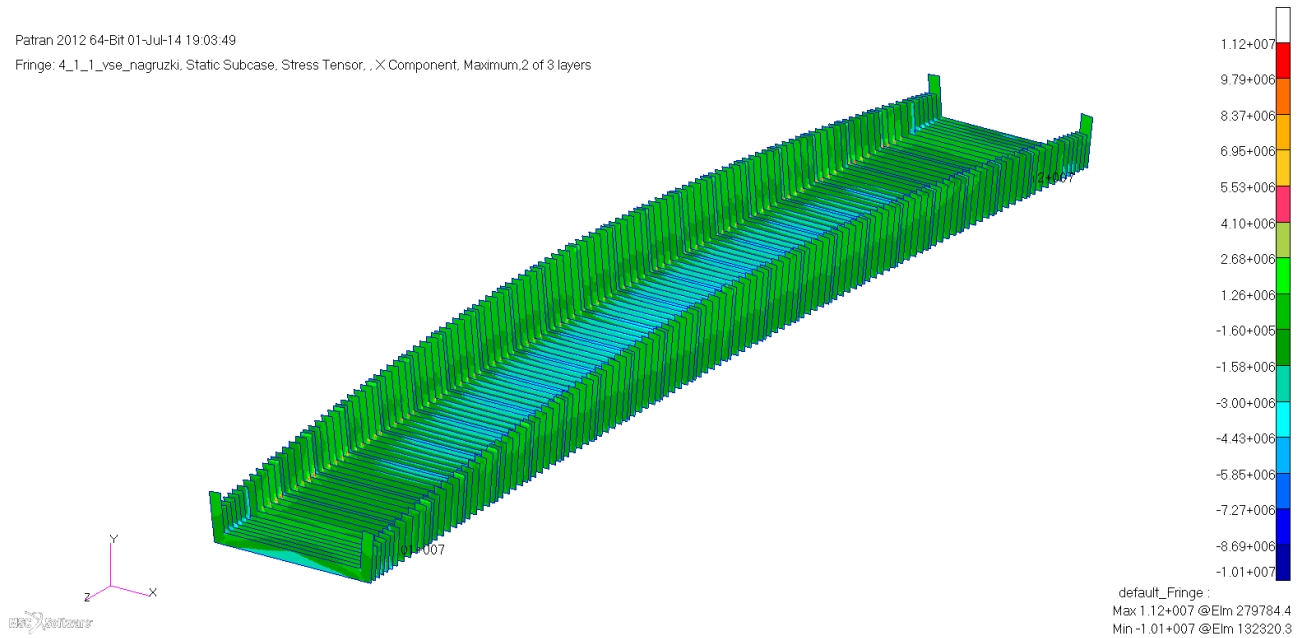


Рис. 4.16 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита TX-Combiflow-300–TX в направлении 0^0 ориентации материала (максимальное значение растяжения 11,2 МПа)

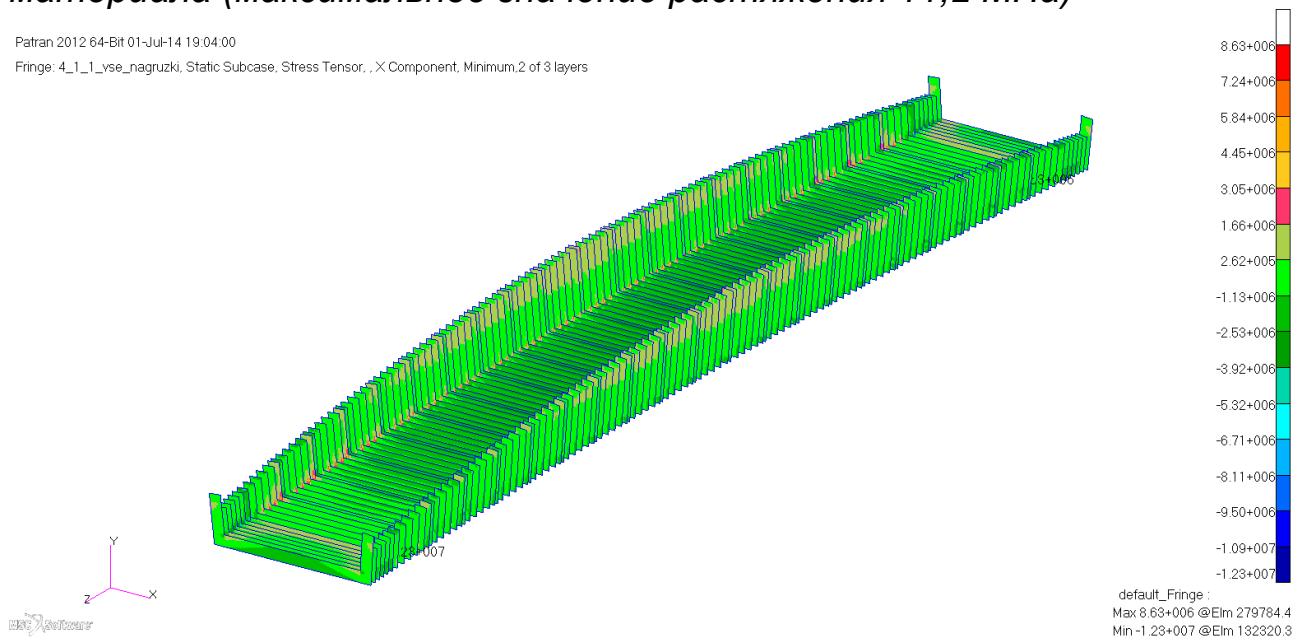


Рис. 4.17 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита TX-Combiflow-300–TX в направлении 0^0 ориентации материала (максимальное значение сжатия 12,3 МПа)

Инв. № подл.	
Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

HTЦ 0000.00.00.000

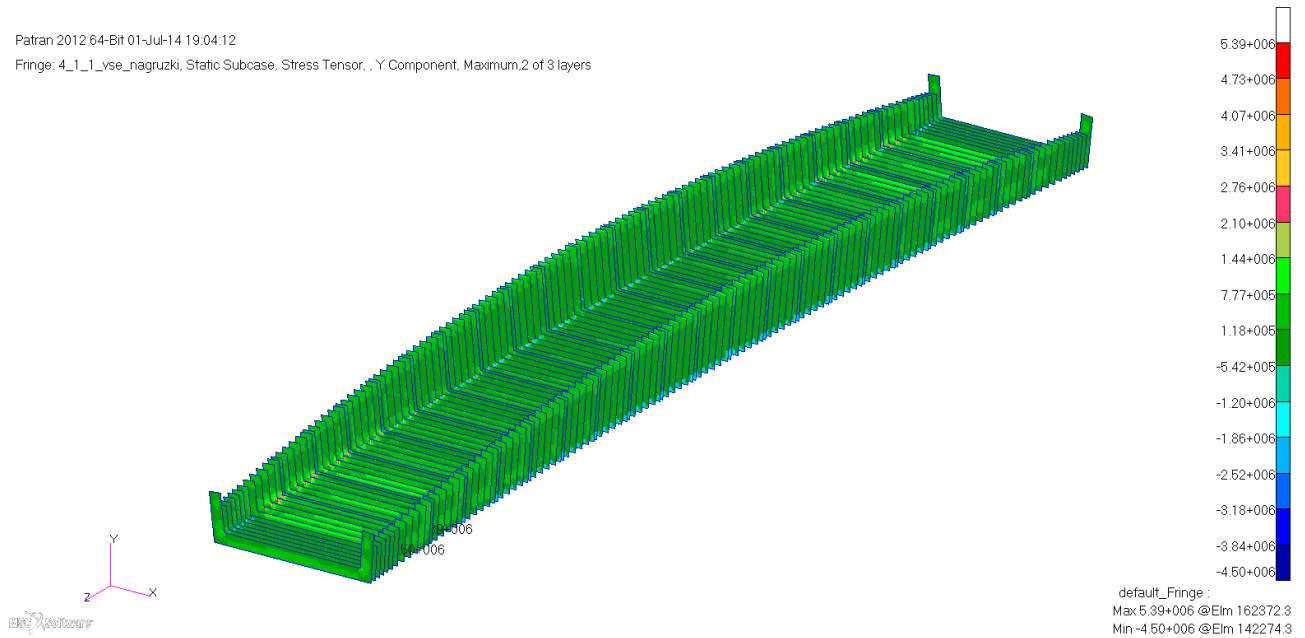


Рис. 4.18 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита TX-Combiflow-300–TX в направлении 90° ориентации материала (максимальное значение растяжения 5,39 МПа)

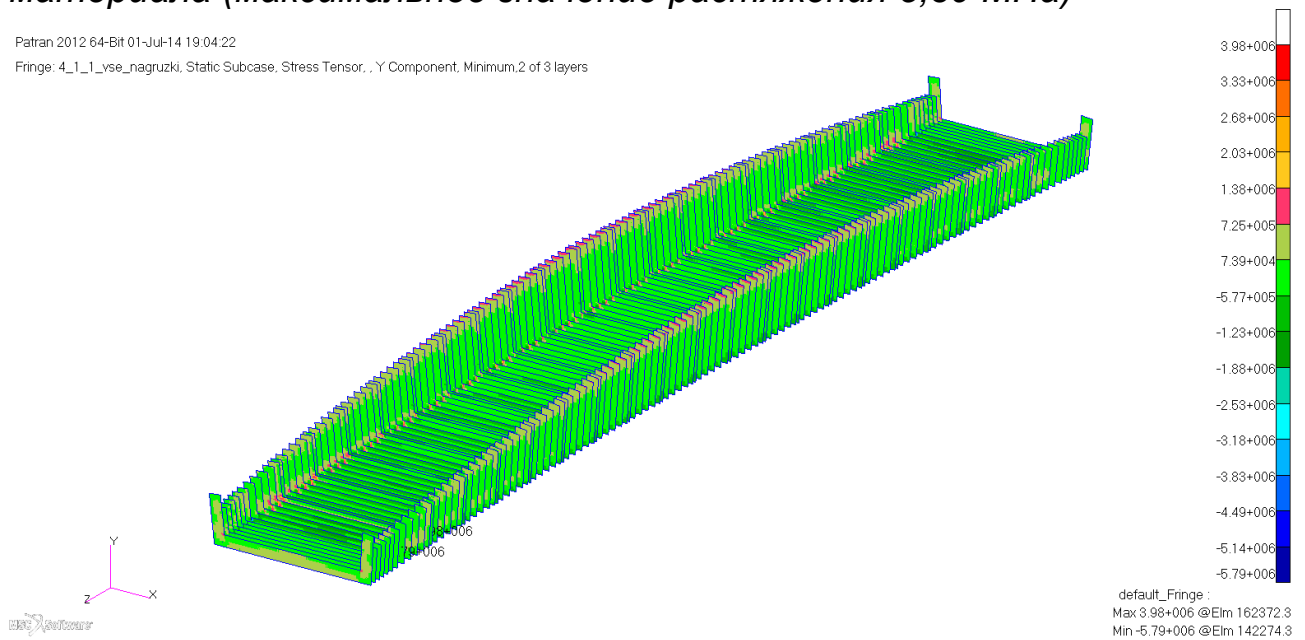


Рис. 4.19 - распределение нормальных напряжений в несущем слое композита TX-Combiflow-300–TX в направлении 90° ориентации материала (максимальное значение сжатия 5,79 МПа)

Инд. № подл.	
Подп. и дата	
Инд. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

НТЦ 0000.00.00.000

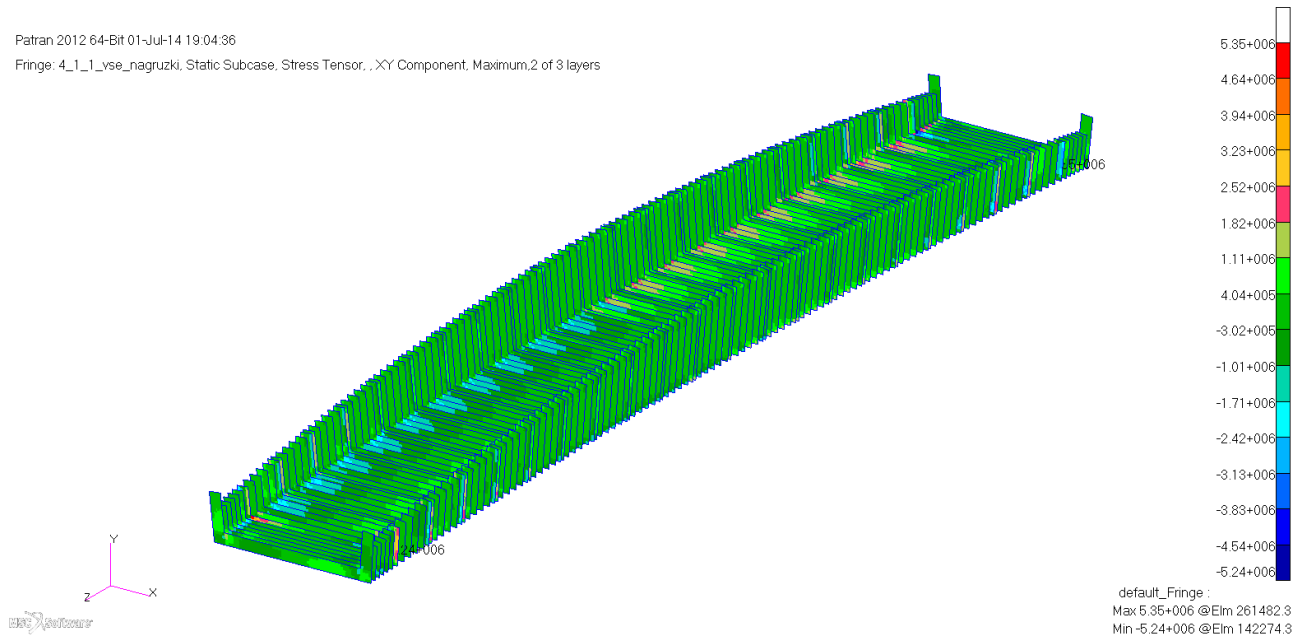


Рис. 4.20- распределение сдвиговых напряжений в несущем слое композита TX-Combiflow-300–TX (максимальное значение 5,35 МПа)

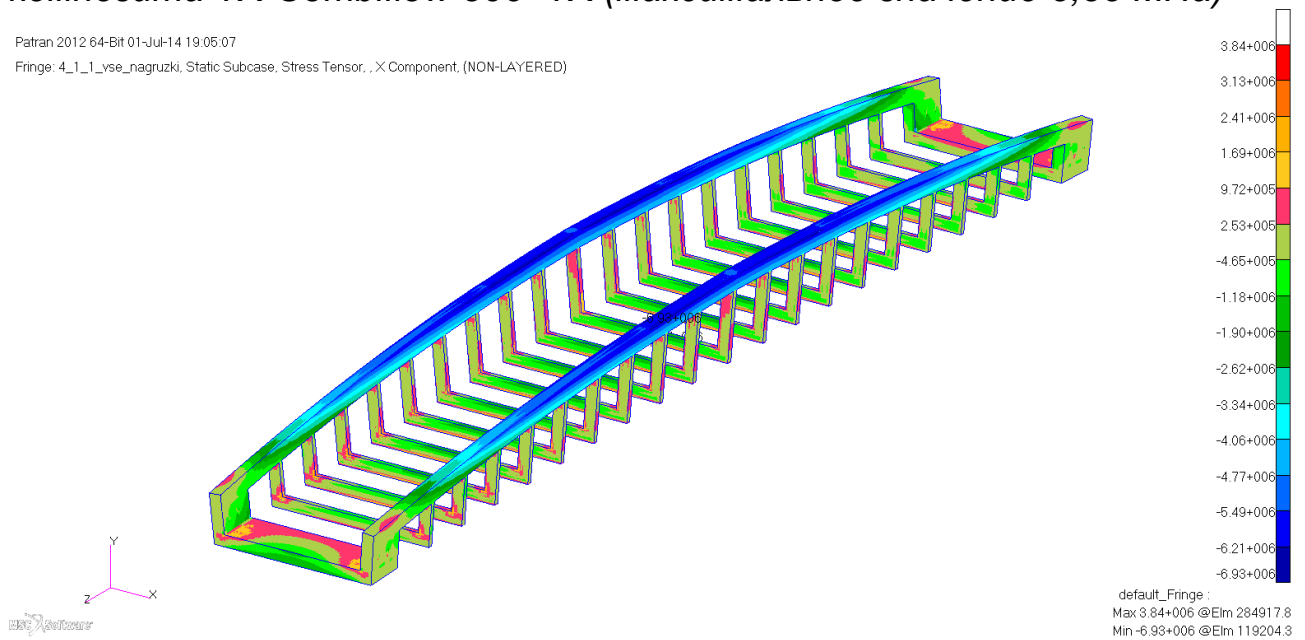


Рис. 4.21 - распределение нормальных напряжений в LVL-брусе вдоль волокон (по осям X локальных СК ориентации материалов, максимальное значение растяжения 3,84 МПа, сжатия 6,93 МПа)

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

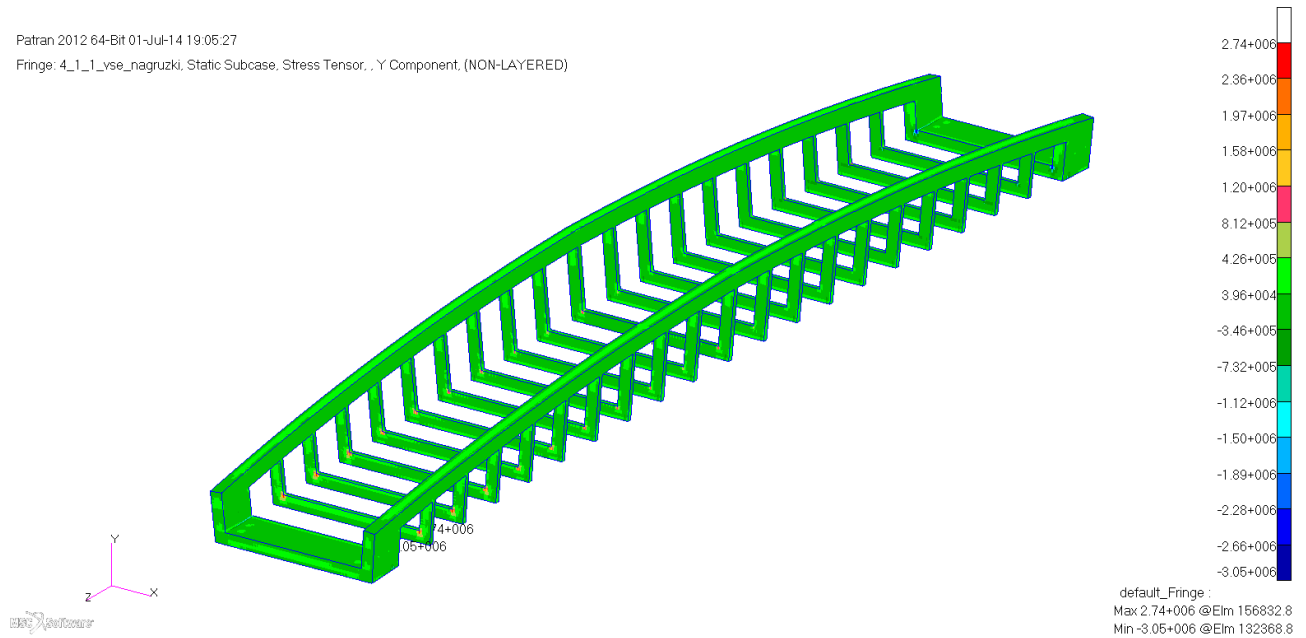


Рис. 4.22 - распределение нормальных напряжений в LVL-брусе поперёк волокон (по осям Y локальных СК ориентации материалов, максимальное значение растяжения 2,74 МПа, сжатия 3,05 МПа)

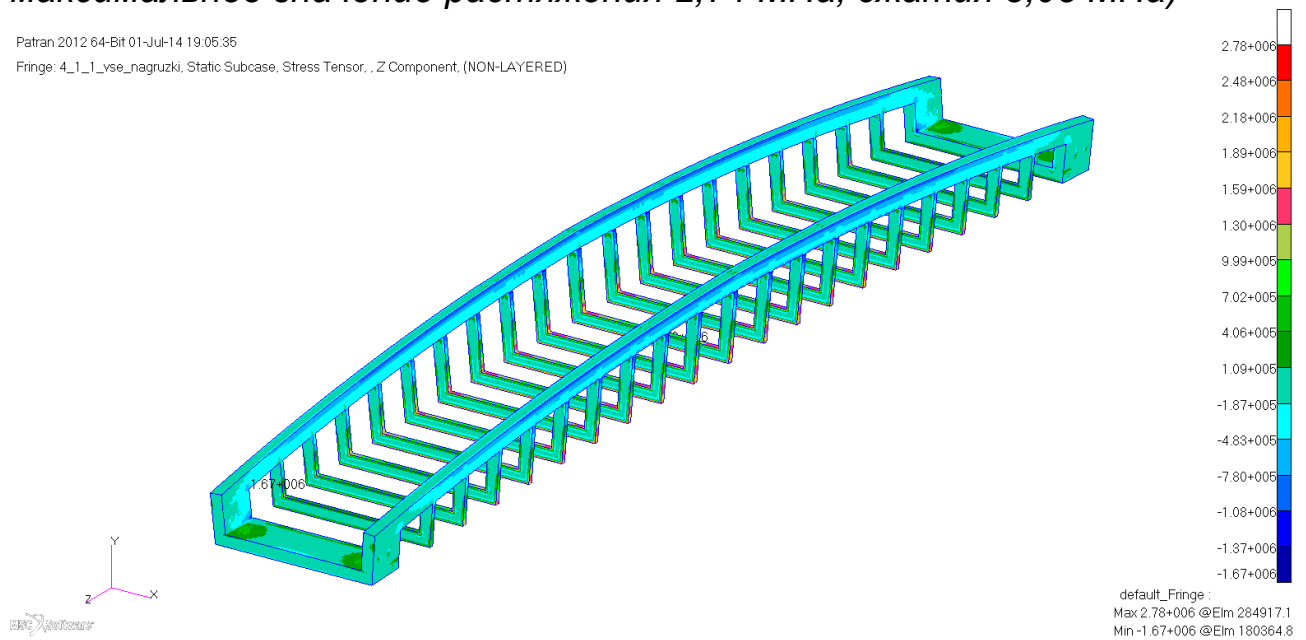


Рис. 4.23 - распределение нормальных напряжений в LVL-брусе поперёк волокон (по осям Z локальных СК ориентации материалов, максимальное значение растяжения 2,78 МПа, сжатия 1,67 МПа)

Име. № подл.	Подп. и дата
Име. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

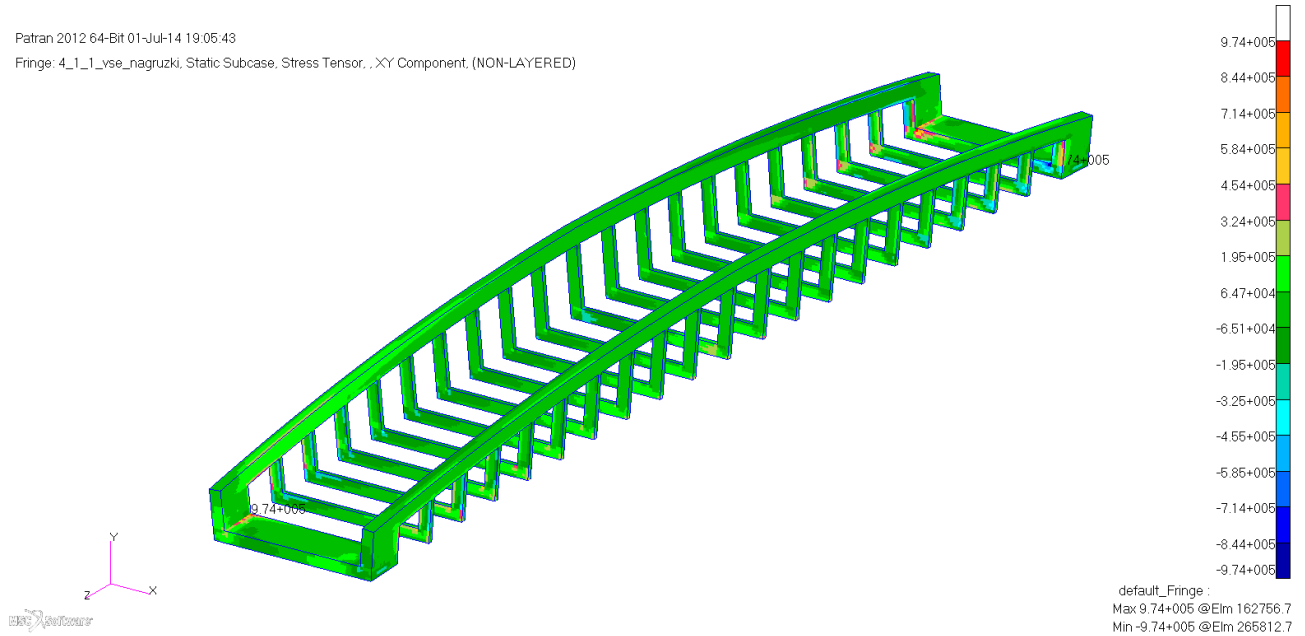


Рис. 4.24- распределение сдвиговых напряжений в LVL-брусе в плоскости XY локальных СК ориентации материалов (максимальное значение 9,74 МПа)

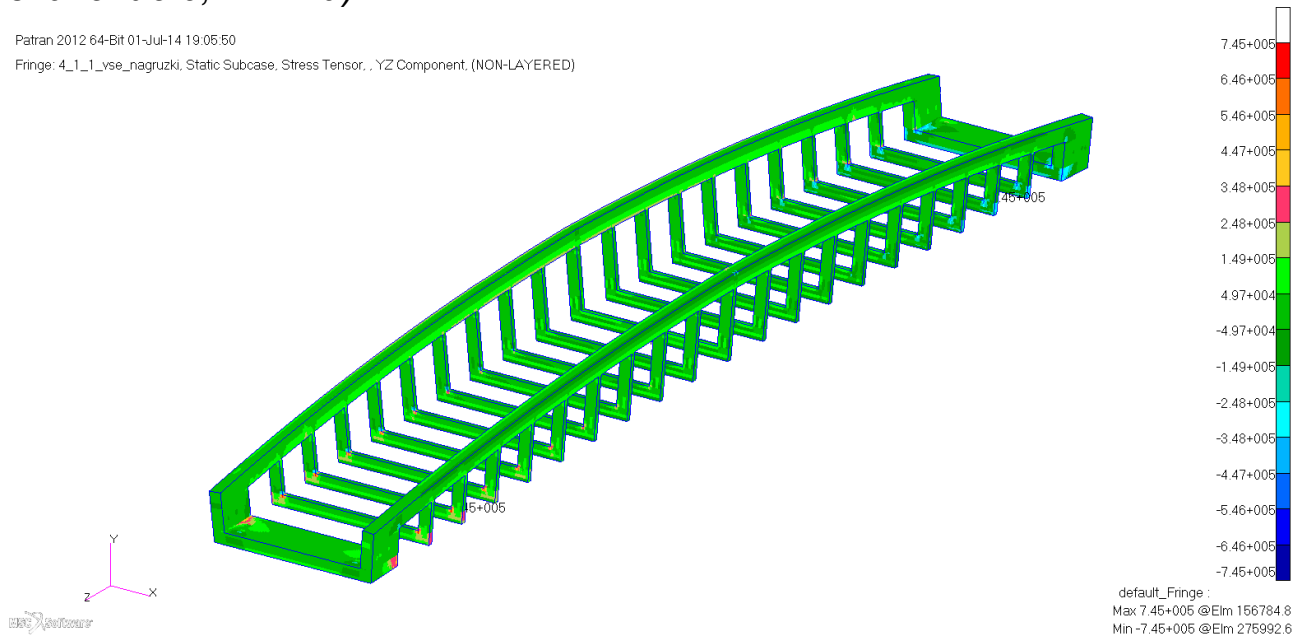


Рис. 4.25 - распределение сдвиговых напряжений в LVL-брусе в плоскости YZ локальных СК ориентации материалов (максимальное значение 0,75 МПа)

Ивл. № подл.	Подп. и дата
Ивл. № дубл.	Взам. ивл. №
Ивл. № подл.	Подп. и дата
Ивл. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

HTЦ 0000.00.00.000

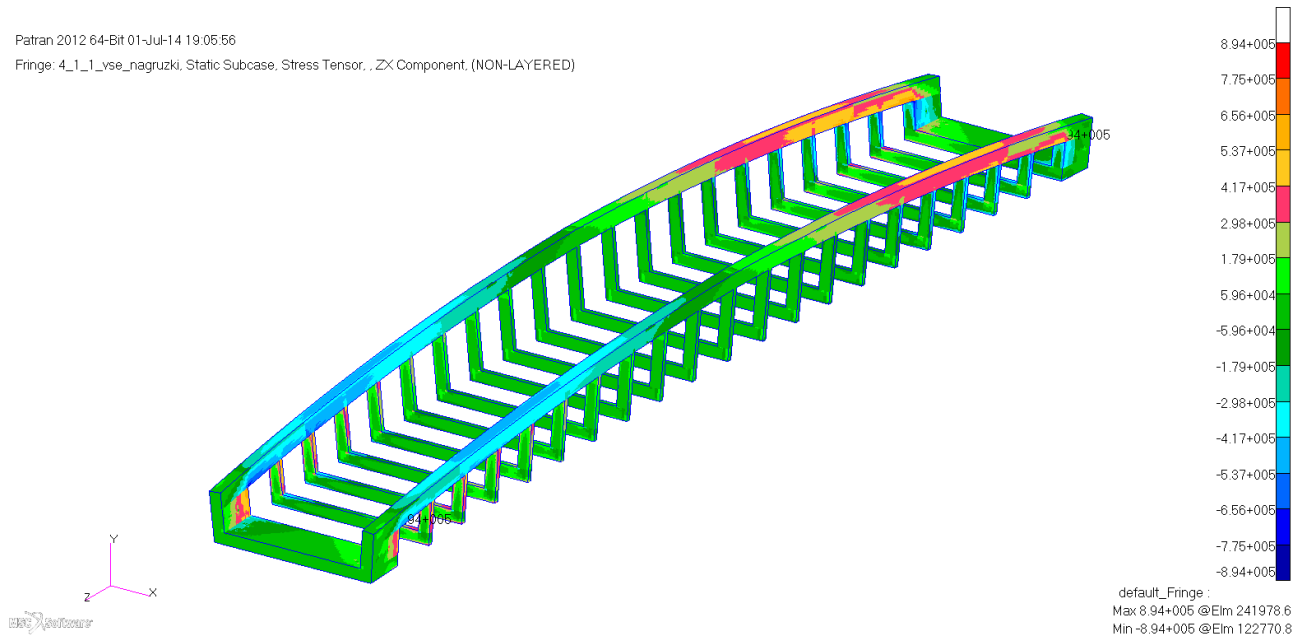


Рис. 4.26- распределение сдвиговых напряжений в LVL-брусе в плоскости ZX локальных СК ориентации материалов (максимальное значение 0,894 МПа)

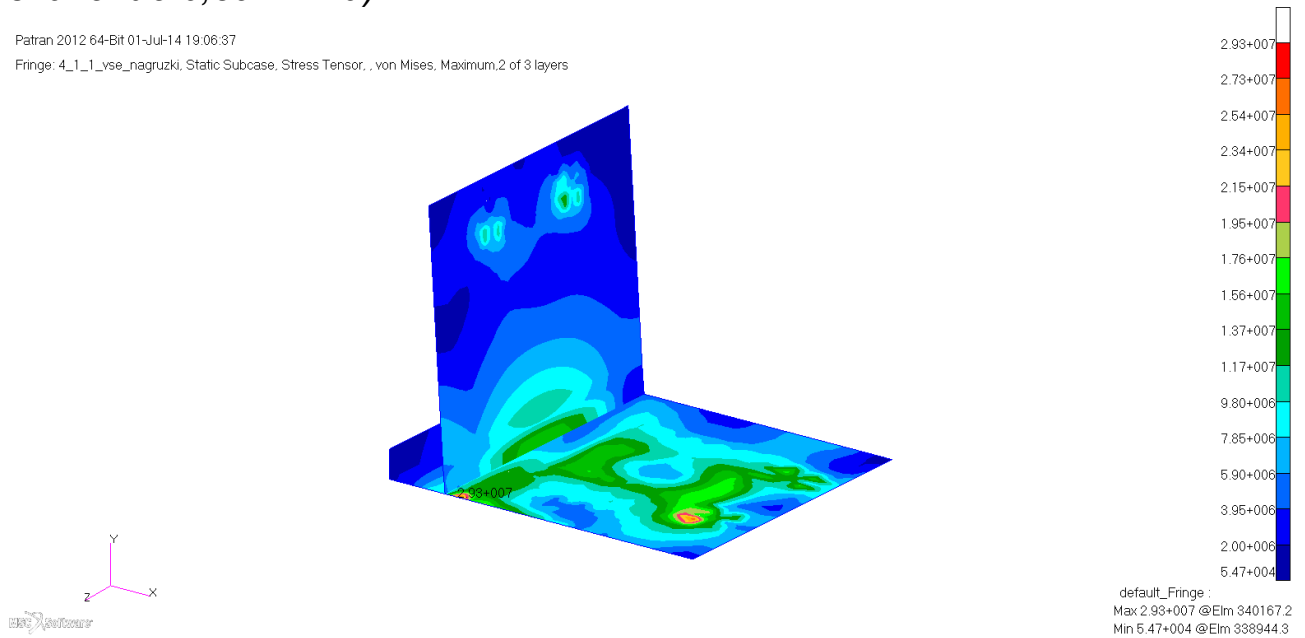


Рис. 4.27- распределение напряжений по Мизесу в металлических элементах (максимальное значение 29,3 МПа)

В таблице 4.1 приведены коэффициенты запаса прочности η для каждого элемента конструкции.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подл.	
Дата	

Табл. 4.1 Запасы прочности η каждого элемента конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода.

Элемент конструкции	Растяжение						Сжатие						τ	[τ]	$\eta_{\tau 90}$
	σ_0 , МПа	$[\sigma_0]$, МПа	$\eta_{\sigma 0}$	σ_{90} , МПа	$[\sigma_{90}]$, МПа	$\eta_{\sigma 90}$	σ_0 , МПа	$[\sigma_0]$, МПа	$\eta_{\sigma 0}$	σ_{90} , МПа	$[\sigma_{90}]$, МПа	$\eta_{\sigma 90}$			
СКК2	17.9	163	> 5	3.35	54	> 5	14.8	89	> 5	1.69	36	> 5	4.74	25	> 5
СКК4	8.86	107	> 5	4.34	68	> 5	6.55	60	> 5	6.37	47	> 5	6.71	38	> 5
СКК6	2.26	170	> 5	0.77	16	> 5	17.9	104	> 5	0.24	21	> 5	1.52	20	> 5
ТХ-Combiflow-300-ТХ	11.2	80	> 5	5.39	23	4,27	12.3	64	> 5	5.79	35	> 5	5.35	23	4,3
LVL-брус	3.84	27	> 5	2.78	6,7	2,41	6.93	27	3,9	3,05 Ребро 1,67 пласт	12 ребро 3,5 пласт	2,1	0,974 Вдоль 0,894 попер.	3,9 вдоль слоёв 1,7 попер. слоёв	1.9
Сталь	$\eta > 5$														

*При условии, что слои LVL-бруса расположены в соответствии с рисунком 3.3.

НТЦ 0000.00.00.000

4.1.2. Прочность при действии нагрузки от остекления и снега

Предельное состояние			Нагрузка	Значение
Первое предельное состояние	Прочность	От остекления и снега	Собственный вес пролетного строения	4,68 кН/м
			Остекление	1,862 кН/м
			Перильные ограждения	1,43 кН/м
			Покрытие	0,18 кН/м ²
			Снеговая нагрузка	2,52 кН/м ²

Результаты расчёта элементов конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода приведены на рисунках 4.28- 4.54.

В таблице 4.2 приведены коэффициенты запаса прочности η для каждого элемента конструкции.

Инв. № подл	Подп. и дата				Лист 39
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	НТЦ 0000.00.00.000

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подл.	
Дата	

Табл. 4.2 Запасы прочности η каждого элемента конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода.

Элемент конструкции	Растяжение						Сжатие						τ	[τ]	$\eta_{\tau 90}$
	σ_0 , МПа	$[\sigma_0]$, МПа	$\eta_{\sigma 0}$	σ_{90} , МПа	$[\sigma_{90}]$, МПа	$\eta_{\sigma 90}$	σ_0 , МПа	$[\sigma_0]$, МПа	$\eta_{\sigma 0}$	σ_{90} , МПа	$[\sigma_{90}]$, МПа	$\eta_{\sigma 90}$			
СКК2	10.1	163	> 5	1.92	54	> 5	8.48	89	> 5	0.69	36	> 5	2.66	25	> 5
СКК4	4.84	107	> 5	2.73	68	> 5	3.7	60	> 5	3.31	47	> 5	3.75	38	> 5
СКК6	1.19	170	> 5	0.45	16	> 5	10.2	104	> 5	0.12	21	> 5	0.87	20	> 5
ТХ-Combiflow-300-ТХ	6.46	80	> 5	3.1	23	> 5	6.49	64	> 5	3.04	35	> 5	3.07	23	> 5
LVL-брус	2.14	27	> 5	1.62	6,7	4,14	3.96	27	> 5	1,58 Ребро 0,948 пласт	12 ребро 3,5 пласт	3,69	0,563 Вдоль 0,506 попер.	3,9 вдоль слоёв 1,7 попер. слоёв	3,36
Сталь	$\eta > 5$														

*При условии, что слои LVL-бруса расположены в соответствии с рисунком 3.3.

НТЦ 0000.00.00.000

4.1.3. Прочность при действии пешеходной нагрузки

Предельное состояние			Нагрузка	Значение
Первое предельное состояние	Прочность	От пешеходной нагрузки	Собственный вес пролетного строения	4,68 кН/м
			Покрытие	0,18 кН/м ²
			Временная нагрузка от пешеходов	5,6 кН/м ²

Результаты расчёта элементов конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода

Инв. № подл	Подп. и дата				Лист
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	НТЦ 0000.00.00.000

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подп.	
Дата	

Табл. 4.3 Запасы прочности η каждого элемента конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода.

Элемент конструкции	Растяжение						Сжатие						T	$[T]$	η_{T90}
	σ_0 , МПа	$[\sigma_0]$, МПа	$\eta_{\sigma 0}$	σ_{90} , МПа	$[\sigma_{90}]$, МПа	$\eta_{\sigma 90}$	σ_0 , МПа	$[\sigma_0]$, МПа	$\eta_{\sigma 0}$	σ_{90} , МПа	$[\sigma_{90}]$, МПа	$\eta_{\sigma 90}$			
СКК2	11.30	163	> 5	2.65	54	> 5	9.12	89	> 5	1.73	36	> 5	2.95	25	> 5
СКК4	5.97	107	> 5	2.77	68	> 5	4.05	60	> 5	4.23	47	> 5	4.18	38	> 5
СКК6	1.46	170	> 5	0.46	16	> 5	11	104	> 5	0.16	21	> 5	0.93	20	> 5
ТХ-Combiflow-300-ТХ	6.95	80	> 5	3.3	23	> 5	8.04	64	> 5	3.79	35	> 5	3.24	23	> 5
LVL-брус	3.31	27	> 5	1.94	6,7	3,45	4.25	27	> 5	2,02 ребро 1,02 пласт	13 ребро 3,5 пласт	3,43	0,586 вдоль 0,551 поперек	3,9 вдоль слоёв 1,7 попер. слоёв	3,09
Сталь	$\eta > 5$														

*При условии, что слои LVL-бруса расположены в соответствии с рисунком 3.3.

НТЦ 0000.00.00.000

4.1.4. Прочность при действии сосредоточенной нагрузки

Предельное состояние		Нагрузка	Значение	
Первое предельное состояние	Прочность	От сосредоточенного давления	Сосредоточенное давление	4,8 кН

В данном случае локальная прочность конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода определяется запасом прочности пенополиуретанового заполнителя. Предельное значение запаса прочности по напряжению составляет 0,45 МПа. При расчётном значении равном $\sigma = \frac{F}{s} = \frac{4,8 \text{ кН}}{0,15 \cdot 0,1 \text{ м}^2} = \frac{4800 \text{ Н}}{0,015 \text{ м}^2} = 0,32 \text{ МПа}$, запас прочности составляет $k = \frac{0,45}{0,32} = 1,4$.

4.2. Устойчивость

Предельное состояние		Нагрузка	Значение
Первое предельное состояние	Устойчивость	Собственный вес несущей конструкции	4,68 кН/м
		Нагрузка от остекления	1,862 кН/м
		Нагрузка от перил	1,43 кН/м
		Нагрузка от веса покрытия ($\delta = 8 \text{ мм}$)	0,18 кН/м ²
		Временная нагрузка на пешеходный мост от пешеходов (п. 6.21 СП 35.13330-2011)	5,6 кН/м ²
		Снеговая нагрузка	2,52 кН/м ²

Форма потери устойчивости конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода приведена на рис. 4.36. В расчетной модели не учитывается жёсткость пенополиуретанового заполнителя, что обеспечивает консервативную оценку коэффициента запаса по устойчивости. Полученная в расчете форма потери устойчивости соответствует минимальной критической силе. Запас по устойчивости составляет 7,7.

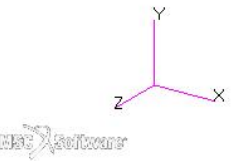
Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Ине. № инв.	Подп. и дата
Ине. № инв.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	НТЦ 0000.00.00.000	Лист
						43

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Patran 2012 64-Bit 01-Jul-14 19:49:52
 Deform: 4_2_ustoiчивost, Mode 1 : Factor=7.7001, Eigenvectors, Translational, (NON-LAYERED)



default_Deformation :
 Max 1.14+000 @Nd 13

*Рис. 4.36 - форма потери устойчивости конструкции пролётного строения
 (запас по устойчивости составляет 7,7)*

НТЦ 0000.00.00.000

4.3. Выносливость

Предельное состояние		Нагрузка	Значение
Первое предельное состояние	Выносливость	Временная нагрузка от пешеходов	5,6 кН/м ²
		Снеговая нагрузка	2,52 кН/м ²

На рис. 4.37 приводится распределение максимальных нормальных напряжений вдоль оси пролетного строения.

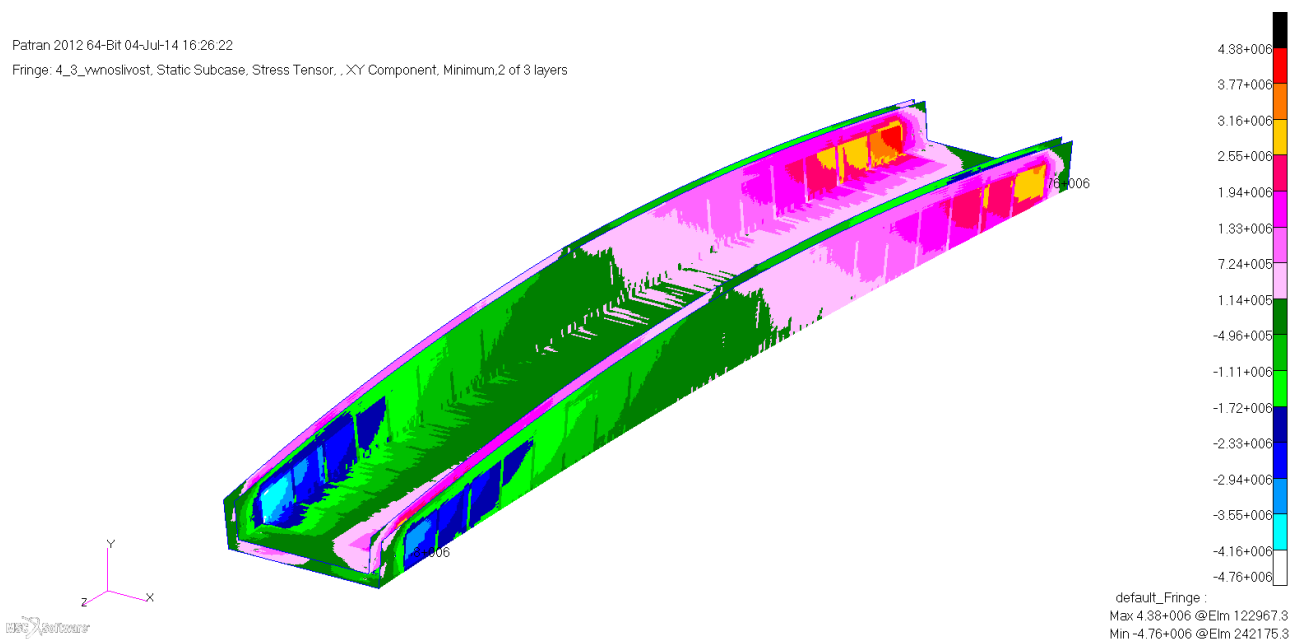


Рис. 4.37 - распределение напряжений вдоль оси пролётного строения (максимальное значение растяжения 12,7 МПа; максимальное значение сжатия 10,5 МПа, сдвиг 4,76 МПа)

Ресурс конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода на предельное количество циклов нагружения вычисляется по формуле:

$$N = k^9$$

где $k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{расч}} = \frac{37,32}{4,76} = 7,84$ - запас прочности.

Расчётное количество циклов составляет $N = k^9 = 7,84^9 = 111,9 \cdot 10^6$ - циклов. Допустимое количество циклов нагружения составляет $[N] = 2 \cdot 10^6$ циклов. Запас по выносливости составляет $k_N = \frac{N}{[N]} = \frac{111,9 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^6} = 55,95$.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	НТЦ 0000.00.00.000	Лист 45

4.4. Прогиб

4.4.1. Прогиб от собственного веса

Предельное состояние			Нагрузка	Значение
Второе предельное состояние	Прогиб от:	собственного веса	Собственный вес пролетного строения	4,255 кН/м

На рис. 4.38 показаны прогибы расчетной модели конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода от действия собственного веса.

Petron 2012 64-bit 03-Jul-14 14:31:36
Deform: 4_4_1_вес_собств. Static Subcase, Displacements, Translational, (NON-LAYERED)



Рис. 4.38 - Форма и значения прогиба мостового пролёта (максимальное значение 10.5 мм)

Прогиб от собственного веса составляет 10.5 мм.

Ив. № подп	Подп. и дата
Ив. № дубл.	Взам. инв. №
Ив. № инв.	Подп. и дата
Ив. № инв.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

Лист

46

4.4.2. Прогиб от суммарных нагрузок

Предельное состояние			Нагрузка	Значение
Второе предельное состояние	Прогиб от:	Суммарного веса	Собственный вес пролетного строения	4,255 кН/м
			Остекление	1,693 кН/м
			Перильные ограждения	1,3 кН/м
			Покрытие	0,12 кН/м ²
			Временная нагрузка от пешеходов	4,0 кН/м ²
			Снеговая нагрузка	1,8 кН/м ²

На рис. 4.39 показан деформированный вид расчетной модели конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода от действия суммарных нормативных нагрузок.

Patron 2012 64-BI 03-Jul-14 14:32:35
Deform: 4_4_2_vse_nagruzki, Static Subcase, Displacements, Translational, (NON-LAYERED)

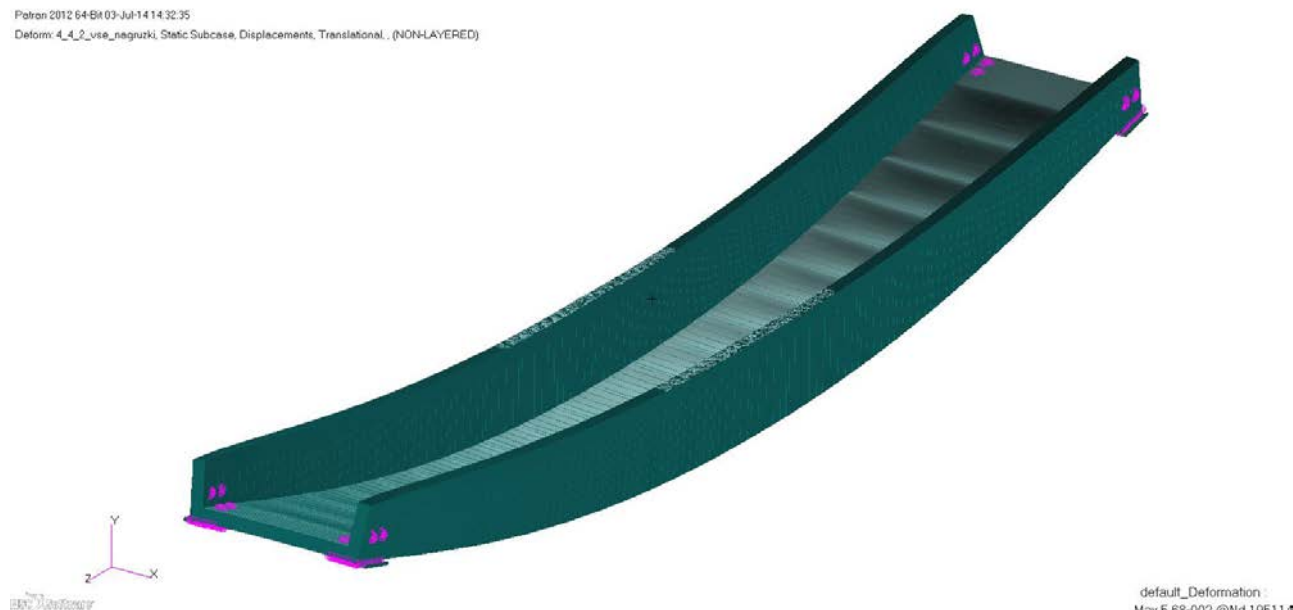


Рис. 4.39 - Форма и значения прогиба мостового пролёта (максимальное значение 56.8 мм)

Прогиб от суммарных нормативных нагрузок составляет 56.8 мм, что значительно меньше выбранного строительного подъема 169 мм.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

Лист

47

4.4.3. Прогиб от подвижной (пешеходной) нагрузки

Предельное состояние			Нагрузка	Значение
Второе предельное состояние	Прогиб от:	От пешеходной нагрузки	Временная нагрузка на пешеходный мост от пешеходов (п. 6.21 СП 35.13330-2011)	4.0 кН/м ²

На рис. 4.40 показаны прогибы конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода от воздействия нормативной подвижной (пешеходной) нагрузки.

Patran 2012 64-Bit 03-Jul-14 14:37:11
Deform: 4_4_3_prog_pesh, Static Subcase, Displacements, Translational, (NON-LAYERED)

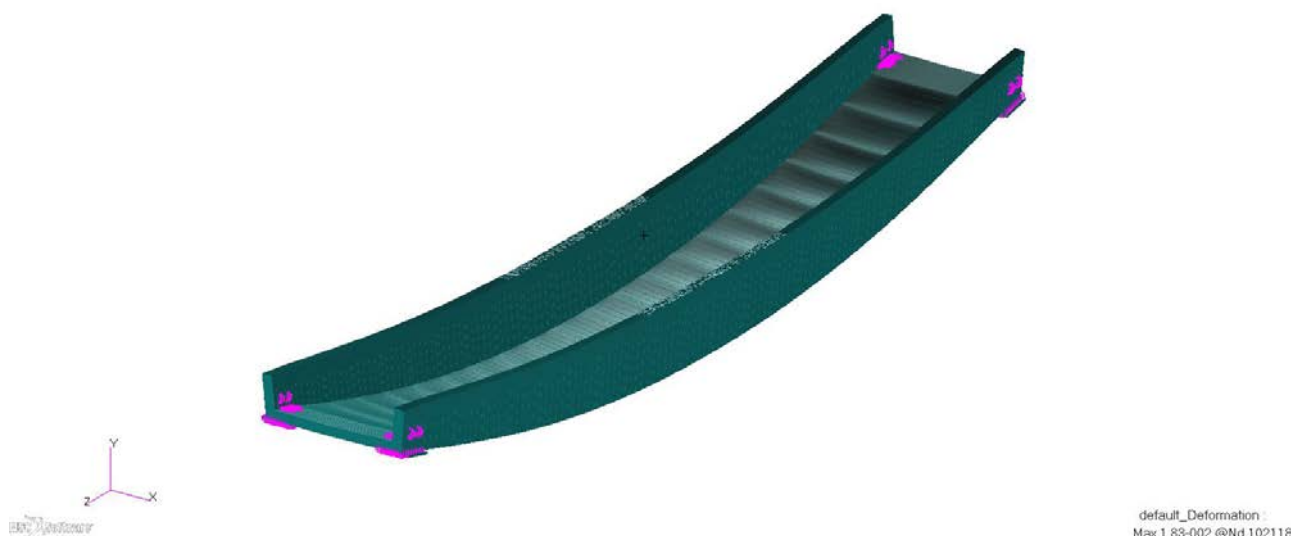


Рис. 4.40 - Форма и значения прогиба мостового пролёта (максимальное значение 18.3 мм)

Прогиб пролетного строения из композиционных материалов от подвижной нормативной пешеходной нагрузки составляет 18.3 мм, что меньше допустимой величины 45 мм (1/400 от расчетной длины пролета п.п. 5.43 СП 35.13330-2011).

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

Лист

48

4.5. Собственные частоты колебаний

4.5.1. Собственные частоты колебаний с учётом понижения физико-механических свойств материала в процессе эксплуатации

Предельное состояние		Дополнительная масса	Значение
Второе предельное состояние	Собственная частота колебаний	Масса пешеходов	50 кг/м ²

Форма первой собственной частоты конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода показана на рисунке.4.41.

Patren 2012 64-BR02-JuH1414.36.25
Deform: 4_5_A4Mode 1 : Freq. = 4.3592; Eigenvectors, Translational, (NON-LAYERED)



Рис. 4.41 - первая форма собственных колебаний, собственная частота – 4,3592 Гц

Низшая собственная частота для конструкции с учетом снижения свойств материала в процессе эксплуатации и с учетом массы пешеходов 50 кг/м² составляет 4,3592 Гц, период 0,23 с. Данная величина находится вне границ запрещенного СП диапазона (от 0.45 до 0.6 с) п.п.5.48 СП 35.13330.2011.

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

Лист

49

4.5.2. Собственные частоты колебаний с учётом снижения физико-механических свойств материала без нагрузки

Предельное состояние		Дополнительная масса	Значение
Второе предельное состояние	Собственная частота колебаний	-	-

Форма первой собственной частоты конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода показана на рисунке.4.42.

Patran 2012 64-bit 02-Jul-14 14:39:18
Deform: 4_5, Mode 1 Freq=4.6594 Eigenvectors, Translational, (NON-LAYERED)

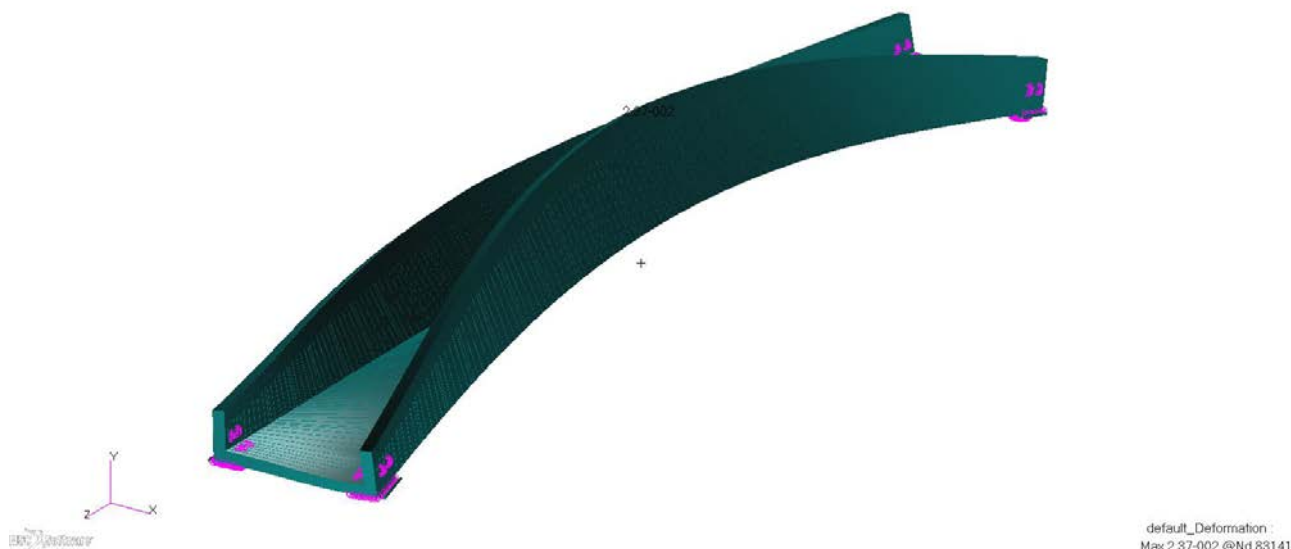


Рис. 4.42 - первая форма собственных колебаний, собственная частота – 4,6594 Гц

Низшая собственная частота для конструкции с пониженными свойствами материала, без учета массы пешеходов составляет 4,6594 Гц, период 0,21 с.

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

4.5.3. Собственные частоты колебаний при номинальных значениях физико-механических свойств

Форма первой собственной частоты конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода показана на риунке.4.43.

Предельное состояние		Дополнительная масса	Значение
Второе предельное состояние	Собственная частота колебаний	Масса пешеходов	50 кг/м ²

Patran 2012 64-bit 02-Jul-14 14:40:51
Deform: 4_5_A4Mode 1 : Freq. = 4.9456, Eigenvectors, Translational, (NON-LAYERED)

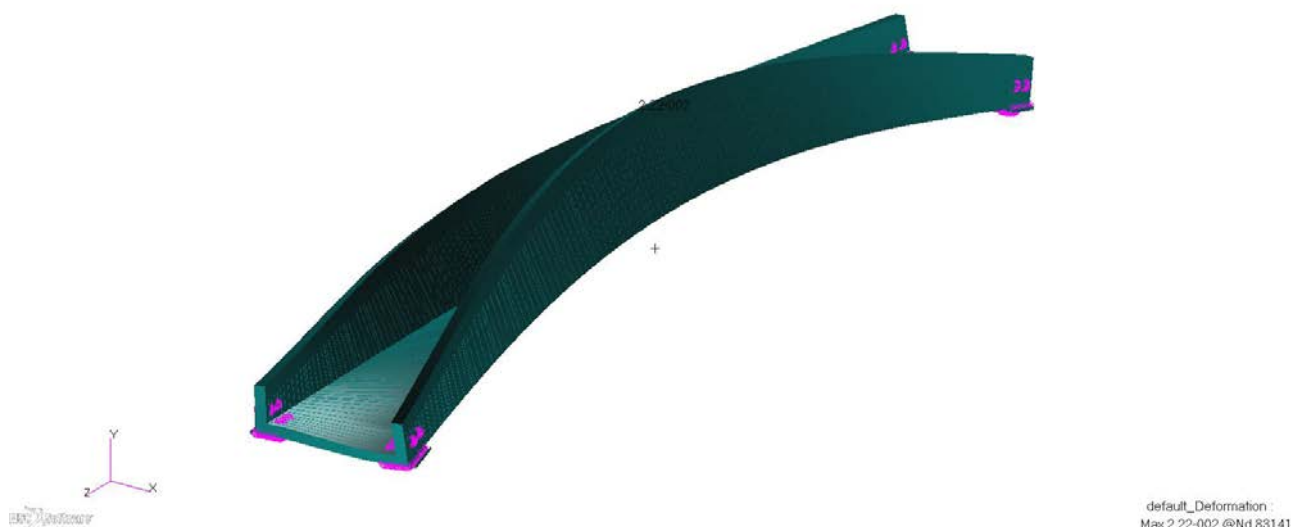


Рис. 4.43 - первая форма собственных колебаний, собственная частота – 4,9456 Гц

Низшая собственная частота для конструкции с нормативными свойствами материала и с учетом массы пешеходов 50 кг/м² составляет 4,9456 Гц, период 0,2 с.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Ине. № инв.	Подп. и дата
Ине. № инв.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

Лист

51

4.6. Расчёт усилий в точках крепления от ветровых нагрузок

Предельное состояние			Нагрузка	Значение
Первое предельное состояние	Усилия в опорах от	ветровой нагрузки	Собственный вес пролетного строения	3,829 кН/м
			Остекление	1,524 кН/м
			Перильные ограждения	1,17 кН/м
			Покрытие	0,11 кН/м ²
			Ветровая нагрузка	1,4 кН/м ²

Для расчета усилий в точках крепления конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода от ветровых нагрузок была создана динамическая модель, учитывающая пульсацию ветровых нагрузок в диапазоне от 0 до 10 Гц.

Границы значений ветрового давления $\pm 1,4$ кН/м² выбиралась из наихудшей комбинации направления ветров - предполагалось, что противоположные по направлениям порывы ветра поочередно воздействуют на конструкцию.

В КЭ модели учтены массы пролёта, остекления, перил и напольного покрытия.

В таблице 4.6.1 приводятся массовые характеристики по КЭМ.

Масса пролёта с ППУ	7806 кг
Масса остекления	3105 кг
Масса покрытия	940 кг
Масса перил	2385 кг
ИТОГО	14240 кг

Табл. 4.6.1 - массовые характеристики по КЭМ.

Конечно-элементная модель для расчёта усилий в точках крепления от ветровых нагрузок показана на рисунке 4.6.1.

Сдвиговые усилия в точках крепления от ровного (без изменения направления) бокового ветра показаны на рис. 4.6.2. Значение 4.91 тс.

Усилия на вырыв в точках крепления от ровного (без изменения направления) бокового ветра показаны на рис. 4.6.3. Значение 4.99 тс (с учетом компенсации от собственного веса 1.786 тс).

Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № дубл.	
Взам. инв. №	
Инд. № инв.	
Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № инв.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

НТЦ 0000.00.00.000

Лист

52

Сдвиговые усилия в точках крепления от порывистого (изменяющегося по направлению) ветра показаны на рис. 4.6.4. Значение 27.52 тс.

Усилия на вырыв в точках крепления от порывистого (изменяющегося по направлению) ветра показаны на рис. 4.6.5. Значение 26.5 тс (с учетом компенсации от собственного веса 23.296 тс).

Patren 2012 64-Bit 02-Jul-14 17:34:44
Deform: 5_Veter, Static Subcase, Displacements, Translational, (NON-LAYERED)

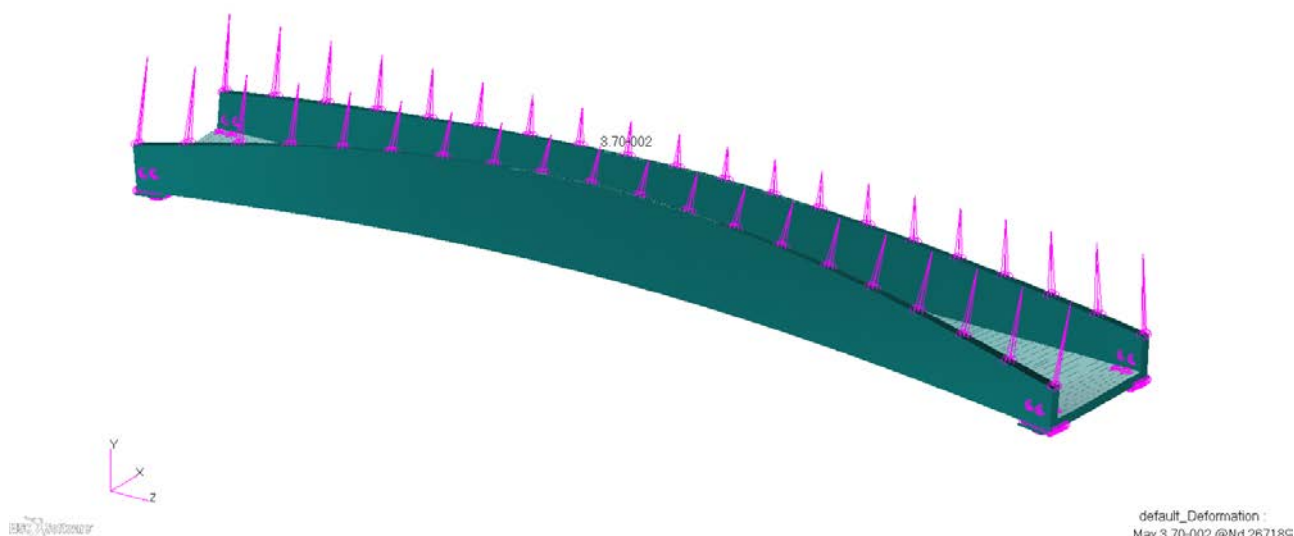


Рис. 4.6.1. Конечно-элементная модель для расчёта усилий в точках крепления от ветровых нагрузок.

Инов. № подл.	Подп. и дата
Инов. № дубл.	Взам. инв. №
Инов. № подл.	Подп. и дата
Инов. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

Лист

53



Рис. 4.6.2. Сдвиговые усилия в точках крепления от ровного (без изменения направления) бокового ветра. Максимальное сдвиговое усилие в точке крепления 4,91 тс.

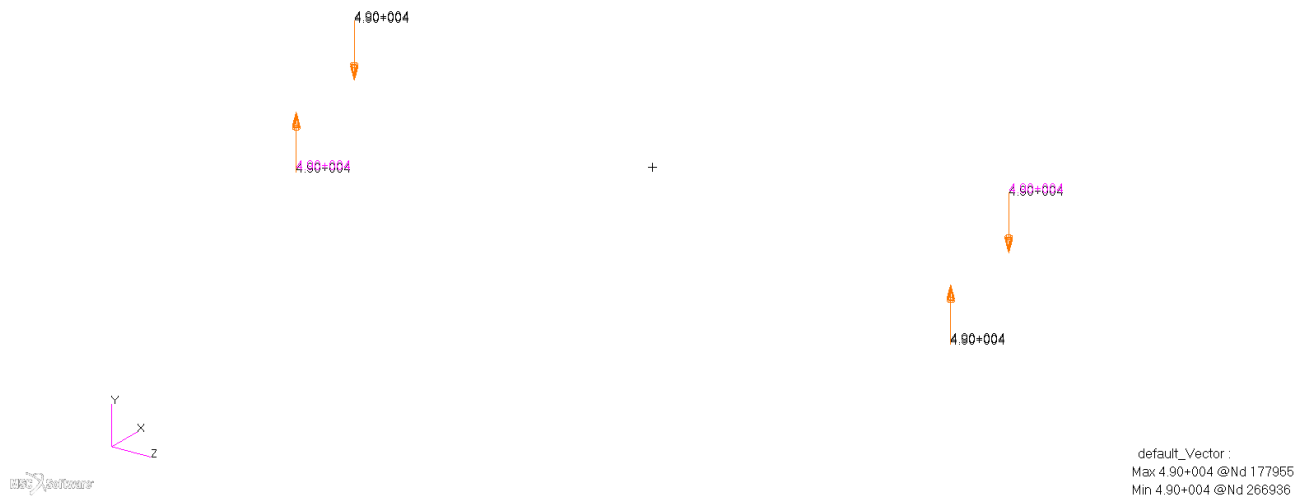


Рис. 4.6.3. Усилия на вырыв в точках крепления от ровного (без изменения направления) бокового ветра. Максимальное усилие на вырыв в точке крепления 4.99 тс (с учётом компенсации от собственного веса 1,786 тс).

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

НТЦ 0000.00.00.000

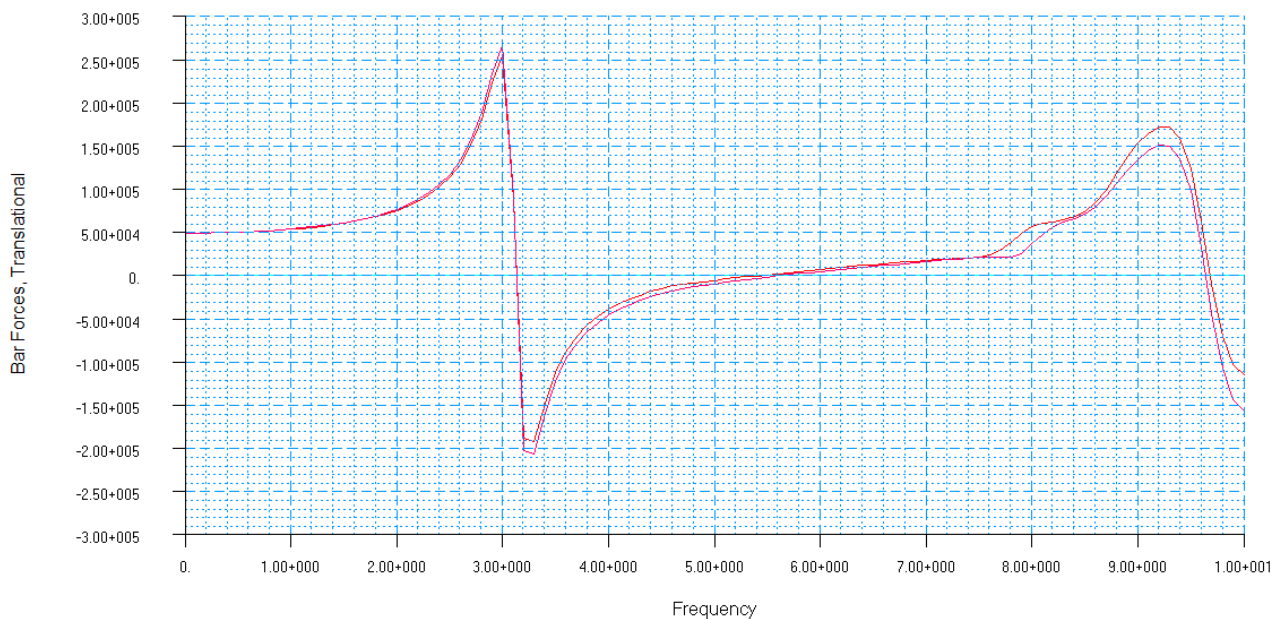


Рис. 4.6.4. Сдвиговые усилия в точках крепления от порывистого (изменяющегося по направлению) ветра. Максимальное сдвиговое усилие в точке крепления 27.52 тс.

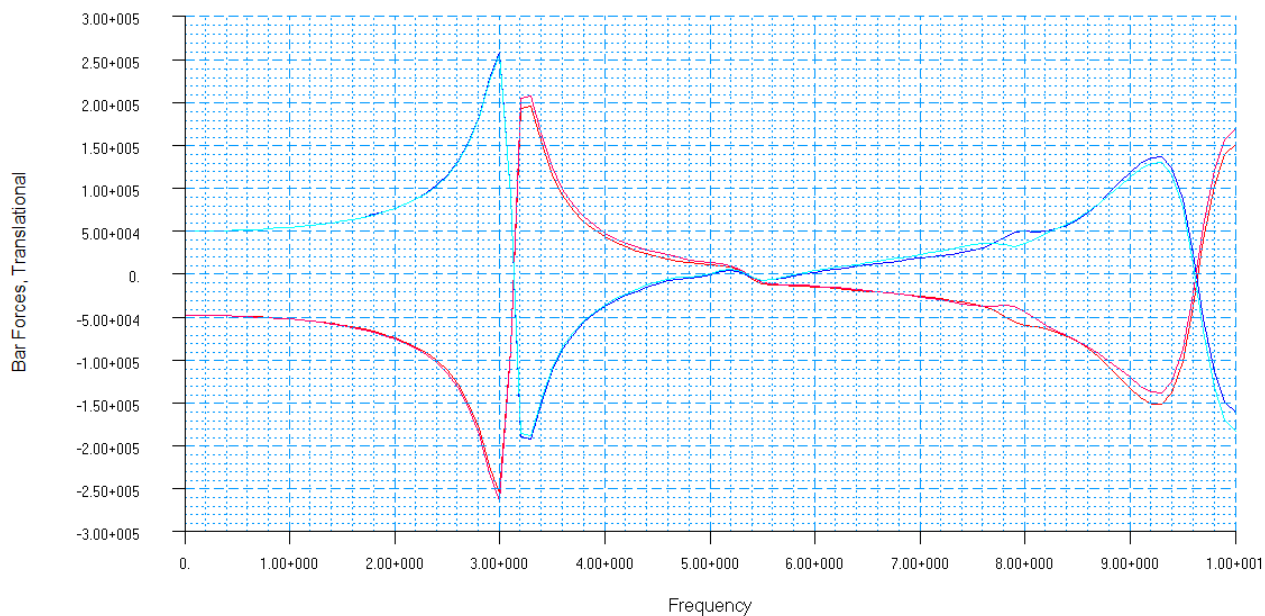


Рис. 4.6.5. Усилия на вырыв в точках крепления от порывистого (изменяющегося по направлению) ветра. Максимальное усилия на вырыв в точке крепления 26,5 тс (с учётом компенсации от собственного веса 23,296 тс) .

Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Ине. № инв.	Подп. и дата
Ине. № инв.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Инв № подл	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

5. Сводные таблицы запасов по предельным состояниям

В таблицах 5.1 - 5.2 приведены коэффициенты запаса по предельным состояниям для каждого элемента конструкции пролетного строения для пешеходного путепровода.

В таблицах 5.3 - 5.4 приведены расчетные значения усилий в опорах для случаев 4.1.1, 4.6 и нормативные значения усилий в опорах.

Табл. 5.1 - таблица запасов по первому предельному состоянию

Наименование предельного состояния	Интересующий параметр		Допустимое значение	Расчётное значение	Коэффициент надёжности по ответственности	Коэф. запаса	
Прочность	Композит СКК2	Растяжение	Прочность в направлении 0°, МПа	163	17,9	1,1	> 5
			Прочность в направлении 90°, МПа	54	3,35	1,1	> 5
		Сжатие	Прочность в направлении 0°, МПа	89	14,8	1,1	> 5
			Прочность в направлении 90°, МПа	36	1,69	1,1	> 5
		Прочность на сдвиг, МПа		25	4,74	1,1	> 5
	Композит СКК4	Растяжение	Прочность в направлении 0°, МПа	107	8,86	1,1	> 5
			Прочность в направлении 90°, МПа	68	4,34	1,1	> 5
		Сжатие	Прочность в направлении 0°, МПа	60	6,55	1,1	> 5
			Прочность в направлении 90°, МПа	47	6,37	1,1	> 5
		Прочность на сдвиг, МПа		38	6,71	1,1	> 5
	Композит СКК6	Растяжение	Прочность в направлении 0°, МПа	170	2,26	1,1	> 5
			Прочность в направлении 90°, МПа	16	0,77	1,1	> 5
		Сжатие	Прочность в направлении 0°, МПа	104	17,9	1,1	> 5
			Прочность в направлении 90°, МПа	21	0,24	1,1	> 5
		Прочность на сдвиг, МПа		20	1,52	1,1	> 5

НТЦ 0000.00.00.000

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подл.	
Дата	

Продолжение таблицы 5.1 на следующей странице

Продолжение таблицы 5.1

Наименование предельного состояния	Интересующий параметр		Допустимое значение	Расчётное значение	Коэффициент надёжности по ответственности	Коэф. запаса	
Прочность	ТХ-Combiflow-300-ТХ	Растяжение	Прочность в направлении 0°, МПа	80	11,2	1,1	> 5
			Прочность в направлении 90°, МПа	23	5,39	1,1	4,27
		Сжатие	Прочность в направлении 0°, МПа	64	12,3	1,1	> 5
			Прочность в направлении 90°, МПа	35	5,79	1,1	> 5
		Прочность на сдвиг, МПа		23	5,35	1,1	4,3
	LVL-брус	Растяжение	Прочность в направлении 0°, МПа	27	3,84	1,1	> 5
			Прочность в направлении 90°, МПа	6,7	2,78	1,1	2,41
		Сжатие	Прочность в направлении 0°, МПа	27	6,93	1,1	3,9
			Прочность в направлении 90°, МПа	3,5	1,67	1,1	2,1
		Прочность на сдвиг, МПа		1,7	0,894	1,1	1,9
Устойчивость	Коэффициент устойчивости				-	7,7	
Выносливость	Количество циклов		> 2 000 000	111 900 000	-	55,95	

НТЦ 0000.00.00.000

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подл.	Дата

Табл. 5.2 - таблица запасов по второму предельному состоянию

Наименование предельного состояния	Интересующий параметр		Допустимое значение	Расчётное значение	Коэффициент надёжности по ответственности	Коэф. запаса
Прогиб	Собственный вес пролёта	Прогиб, мм	-	10.5	-	-
	от суммарной нагрузки		169 (строит. подъём)	56.8	-	2.98
	от пешеходной нагрузки		45	18.3	-	2.46
Собственные частоты колебаний	с учётом уменьшения физ.-мех. свойств во время эксплуатации	Частота, Гц	Запрещенный диапазон от 1.66 до 2.23	4,3592	-	1.55
	с учётом уменьшения физ.-мех. свойств во время эксплуатации без нагружения			4,6594	-	1.69
	с номинальными физ.-мех. свойствами			4,9456	-	2,23

Табл.5.3 Расчётные усилия на опоры.

Нагрузки	Вертикальное, [Н]	Поперечное, [Н]	Продольное, [Н]
Общая	135000	1000	49200
Вес балки	21104	156	7691
Вес остекление, перила, покрытие	18325	136	6679
Пешеходная	58075	430	21165
Снег	37496	278	13665
Ветер	Сжатие 296431 Вырыв -233569	270000	120000

Табл.5.4 Нормативные усилия на опоры.

Нагрузки	Вертикальное, [Н]	Поперечное, [Н]	Продольное, [Н]
Общая	103266	765	37635
Вес балки	19185	142	6992
Вес остекление, перила, покрытие	15816	117	5764
Пешеходная	41482	307	15118
Снег	26783	198	9761
Ветер	Сжатие 211736 Вырыв -166835	192857	85714

НТЦ 0000.00.00.000

6. Заключение

Проведённые расчёты по предельным состояниям показывают, что конструкция пролётного строения для пешеходного путепровода из композиционных материалов имеет запасы прочности и жесткости.

Минимальные запасы прочности для стеклопластиковых элементов конструкции составляет 4.27, для элементов конструкции из LVL-бруса составляет 1.9.

Запас по устойчивости (с учетом местных и общих форм потери устойчивости) составляет 7.7.

Выносливость: расчётное количество циклов составляет $111,9 \cdot 10^6$.

Прогиб от суммарных нормативных нагрузок составляет 56.8 мм.

Прогиб от временной нормативной пешеходной нагрузки составляет 18.3 мм, что меньше допустимой величины 45 мм (1/400 от расчетной длины пролёта).

Низшая собственная частота составляет 4.3592 Гц, период 0.23 с. Данная величина находится вне границ запрещенного СП диапазона (от 0.45 до 0.6 с).

Максимальное сдвиговое усилие в точке крепления 27.52 тс.

Максимальное усилия на вырыв в точке крепления 26.5 тс (с учетом компенсации от собственного веса 23.296 тс).

По результатам расчетов данное пролетное строение может быть применено в пешеходном путепровode.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	НТЦ 0125.00.00.000