ООО «Центр инженерных услуг «МОДЕЛЬЕР»

Утверждаю

Генеральный директор

С.С. Смольянин

Технический отчет

№127.03.005

Ограждения кровли ВОЛ-3С

Расчетные исследования трехмерного напряженно-деформированного состояния конструкции

Ответственный исполнитель

Инженер Калинина Е.С.

Подольск, 2016

1. Содержание

1. Введение 3
2. Исходная информация и постановка задач 4
3. Задачи расчетных исследований 4
4. Нагрузки и воздействия. Основные расчетные положения 5
4.1. Виды нагрузок на конструкцию и их расчетные сочетания 5
4.2. Материал ограждений кровли и расчетные сопротивления 5
5. Расчет конструкции 6
5.1. Предварительный расчет шпилек 6
Расчетная модель и внешние нагрузки 6
Расчетные нагрузки на шпильки 7
Расчет шпилек 8
5.2. Расчет напряженно деформированного состояния панели с элементами крепления ограждения 10
Расчетная модель 10
Материалы 11
Результаты расчета 14
5.2.1. При отсутствии затяжки болтов 14
5.2.2. Усилие затяжки 800 Н 17
5.2.3. Усилие затяжки 1600 Н 20
6. Анализ результатов. Выводы и рекомендации 23
7. Список основных использованных источников 25

1. Введение

В данном документе представлены результаты расчетов напряженно-деформированного состояния системы ***ограждение кровли ВОЛ-3С-стена*** при установке ограждения на стену из сэндвич панели и действии эксплуатационных нагрузок в соответствии с ГОСТ 25772-83, ГОСТ 53254-2009, СП 20.13330.2011. Расчеты выполнены на основе трехмерного физически линейного конечноэлементного анализа с использованием программного комплекса OpenFOAM-v3.0.

Расчет проводится на соответствие конструкции требованиям по обеспечению работоспособности при воздействии внешних факторов.

Работа выполняется ООО «Центр инженерных услуг «МОДЕЛЬЕР».

В процессе работы ставятся и решаются следующие задачи:

- Нагружение ограждения расчетной нагрузкой;
- Анализ полученных результатов, сопоставление результатов расчета с допускаемыми величинами, делаются выводы по допускаемым материалам сэндвич-панелей.

Используются следующие исходные данные:

- чертежи актуальных проектных вариантов ограждений кровли с необходимой деталировкой;
- Данные по существующим материалам для производства сэндвич – панелей;

В документе приводятся:

- краткое описание конструкции и характеристик материалов металлических конструкций и узлов, расчетных нагрузок и их сочетаний, постановка задач расчетных исследований напряженно-деформированного состояния и прочности;
- результирующие параметры пространственного напряженно-деформированного состояния системы ограждение кровли-стена (деформации) при расчетном приложении нагрузок, оценка статической прочности по нормативным критериям.

В заключении, на базе выполненных расчетных исследований делается вывод о соответствии состояния несущих конструкций ограждений кровли ВОЛ-3С нормативным критериям статической прочности при условии соблюдения принятых параметров проекта. Производится обоснование выбора типа сэндвич-панели.

2. Исходная информация и постановка задач

Заказчиком представлены чертежи для проектирования и расчета конструкции ограждений кровли согласно ТУ 5262-001-92716048-2012 «Ограждения кровли Вол-Тех. Технические условия».

Из материалов предоставленных условий конструкция ограждений кровли ВОЛ-3С состоит из следующих элементов:

- стойки с кронштейном крепления к стене и (или) парапету;
- продольных прогонов;
- элементов соединения прогонов на поворотах кровли;
- ответной пластины;
- резьбовых шпилек для стягивания сэндвич-панели;

Жесткость и устойчивость конструкций обеспечивается жесткостью и устойчивостью стоек в сборе с прогонами, а также жесткостью узла крепления стоек к стене здания из трехслойной стеновой панели (сэндвич-панели).

На рисунке 1 представлен общий вид ограждения кровли ВОЛ-3С.

Рисунок 1. Ограждение кровли ВОЛ-3С

3. Задачи расчетных исследований

В соответствии с техническим заданием решаются следующие *задачи*:

- разработка расчетных моделей ограждений кровли;
- определение напряженно-деформированного состояния конструкции;
- оценка статической прочности конструкции по нормативным критериям.

4. Нагрузки и воздействия. Основные расчетные положения

4.1. Виды нагрузок на конструкцию и их расчетные сочетания

В соответствии с ГОСТ 53254-2009 «Техника пожарная. Лестницы пожарные наружные стационарные. Ограждения кровли» ограждения кровли должны выдерживать нагрузку величиной 0,54 кН приложенную горизонтально к верхнему прогону ограждения в его середине между стойками.

4.2. Материал ограждений кровли и расчетные сопротивления

Группа конструкции 2 – сварные конструкции, либо их элементы, работающие при статической нагрузке при наличии растягивающих напряжений.

Материал элементов конструкций ограждений кровли Сталь 3сп3/пс5 – наименование стали С245 по ГОСТ 2777288.

R_{yn}=245 – МПа, нормативное сопротивление по текучести при толщинах проката 2…20 мм;

R_y=235 – МПа, расчетное сопротивление по текучести при коэффициенте надежности по материалу 1,05;

R_{un}=370 – МПа, нормативное временное сопротивление при толщинах проката 2…20 мм;

R_{wy}= R_y =235 – МПа, расчетное сопротивление стыковых сварных соединений при сварке с контролем качества шва;

R_{wy}=0,85* R_y =199,75 – МПа, расчетное сопротивление стыковых сварных соединений при сварке без контроля качества шва;

5. Расчет конструкции

5.1. Предварительный расчет шпилек

Расчетная модель и внешние нагрузки

Для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) стеновой панели с элементами крепления ограждения (шпильками) необходимо предварительное определение требуемого диаметра шпилек и усилия их затяжки.

В связи с тем, что ограждение представляет собой статически неопределимую конструкцию, нагрузки на шпильки крепления ограждения необходимо рассчитывать с учетом крутящего момента, передаваемого на стойку при изгибе прогонов, поэтому данные нагрузки определялись на основе конечно-элементной модели конструкции ограждения.

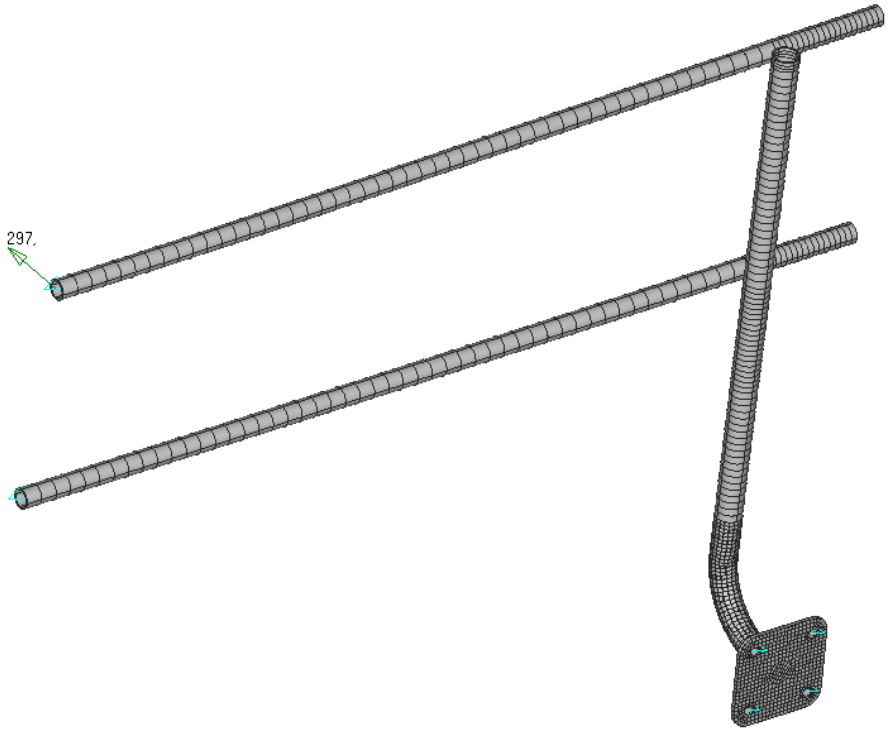

Рисунок 2. Конечноэлементная модель ограждения кровли ВОЛ-3С

Поскольку нагрузка прикладывается в середине прогона, использовалась половина модели конструкции ограждения с наложением условий симметрии на концах сечений прогонов. Модель закреплялась по сечениям шпилек на фланцах.

Фланец и примыкающая к нему часть стойки моделировались пластинчатыми элементами, верхняя часть ограждения – балочными элементами.

При расчете крепления ограждения к панели учитывались силы тяжести конструкции и испытательная нагрузка.

Внешние нагрузки

Внешние нагрузки

$F := 540$	- Н, испытательная нагрузка на ограждение между стойками
$F1 := \frac{F}{2} = 270$	- Н, испытательная нагрузка на одну стойку
$\gamma f := 1.1$	- коэффициент надежности (запаса) по испытательной нагрузке (принят как при расчете грузоподъемных кранов)
$Fp := \gamma f \cdot F1 = 297$	- Н, расчетная горизонтальная нагрузка на одну стойку (половину ограждения)
$m := 1.06 \cdot 7.85 = 8.321$	- кг, масса ограждения (по модели)
$G0 := m \cdot g = 81.629$	- Н, сила тяжести ограждения
$\gamma g := 1.1$	- коэффициент надежности по силе тяжести
$gp := g \cdot \gamma g = 10.791$	- м/с2, расчетное ускорение силы тяжести
$Gp := \gamma g \cdot \frac{G0}{2} = 44.896$	- Н, расчетная вертикальная нагрузка на стойку от сил тяжести ограждения
$l := 762$	- мм, плечо силы Fp относительно цт фланца
$h1 := 142 - 54 = 88$	- мм, плечо силы Gp относительно цт фланца
$Mp := Fp \cdot l + Gp \cdot h1 = 2.303 \times 10^5$	- Н*мм, расчетный момент на фланце

Расчетные нагрузки на шпильки

Нагрузки на шпильки представлены на рис.3.

Максимальное растягивающее усилие в верхней шпильке – 1897 Н.

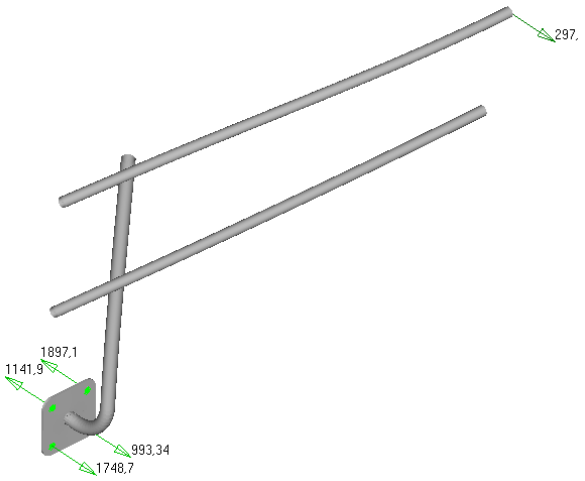

Рисунок 3. Нагрузки на шпильки (сила приложена к прогону)

Для сравнения приведен случай приложения нагрузки к стойке (рис.4). При этом отсутствует изгиб прогонов и на стойке не возникает крутящий момент.

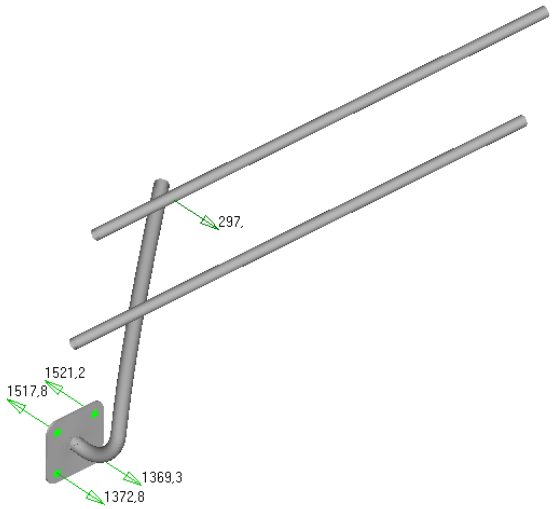

Рисунок 4. Нагрузки на шпильки (сила приложена к стойке)

В данном случае максимальная нагрузка в верхней шпильке 1521 Н. Учет кручения стойки от изгиба прогона повышает нагрузку на болты в данном случае в 1897/1521 = 1,25 раза.

Расчетная растягивающая нагрузка на наиболее нагруженную шпильку 1897 Н.

Расчет шпилек

Усилия в стержне шпильки

<u>От сдвигающей силы Gp</u>

$f := 0.15$ - коэффициент трения в стыке

$K := 1.8$ - коэффициент стабильности затяжки

$z := 4$ - число болтов

$Fzq := \frac{K \cdot Gp}{f \cdot z} = 134.688$ - Н, требуемое усили затяжки по условию отсутствия сдвига в стыке

<u>От растягивающей силы</u>

$P := 1897$ - Н, расчетная нагрузка на наиболее нагруженный болт

$Fz := 0.75 \cdot P = 1.423 \times 10^3$ - Н, требуемое усилие предварительной затяжки болтов (0,75 P - для статической нагрузки, 1,1 P - для динамической нагрузки) больше, чем по условию сдвига

$Fsum := P + Fz = 3.32 \times 10^3$ - Н, суммарное усилие в стержне болта

Материал болтов и требуемый диаметр

$Rba := 145$ - МПа, расчетное сопротивление металла болта растяжению (ВСт3сп2, ВСт3кп2, Ст20)

$k0 := 1.05$ - коэффициент учета характера нагрузки 1,05 - статическая, 1,35 - динамическая

$Ab := \frac{k0 \cdot Fsum}{Rba} = 24.04$ - мм2, требуемая площадь сечения болта по резьбе

$d1b := \sqrt{\frac{4 \cdot Ab}{\pi}} = 5.532$ - мм, требуемый внутренний диаметр болта

Ближайший стандартный внутренний диаметр 6,647 мм для резьбы М8

В целях унификации с другими конструкциями ограждений и учета возможных напряжений от изгиба приняты шпильки М10.

Шпильки М10

$d := 10$ - мм, наружный диаметр

$d1 := 8.376$ - мм, внутренний диаметр

$A1 := \frac{\pi \cdot d1^2}{4} = 55.101$ - мм2, площадь сечения болта по внутреннему диаметру

$Pp := \frac{Rba \cdot A1}{k0} = 7.609 \times 10^3$ - Н, предельная расчетная нагрузка на наиболее нагруженный болт

$np := \frac{Pp}{Fsum} = 2.292$ - коэффициент надежности (запаса) по предельной нагрузке на болт из условия прочности болта > 1

Прочность шпильки обеспечивается.

5.2. Расчет напряженно деформированного состояния панели с элементами крепления ограждения

Расчетная модель

Расчетная модель ограждения кровли ВОЛ-3С в сборе с сэндвич-панелью представлена на рис.5, рис.6. и рис.7.

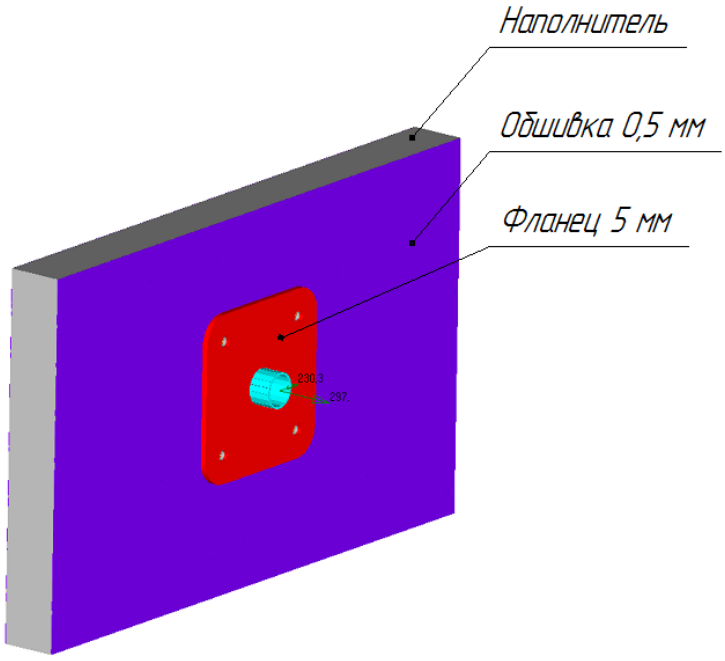

Рисунок 5. Расчетная модель. Вид спереди

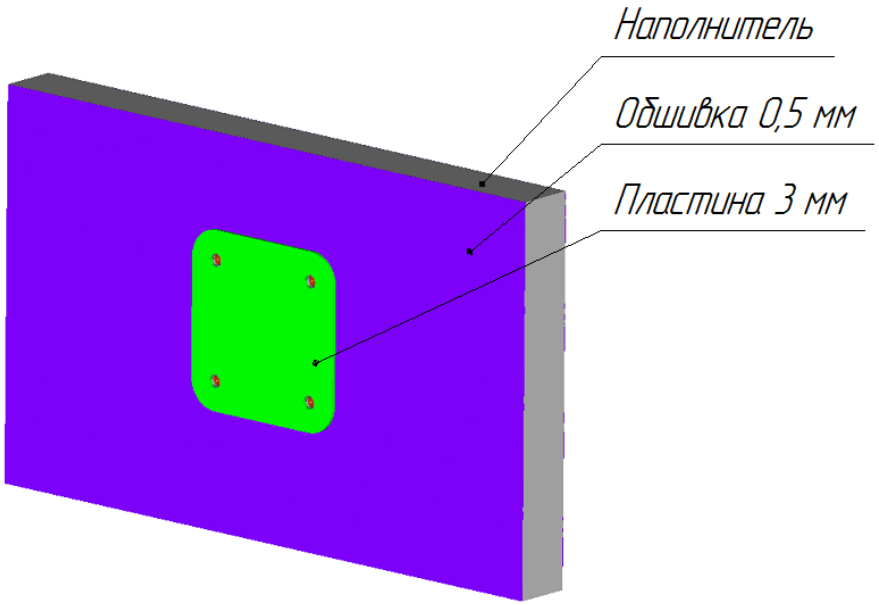

Рисунок 6. Расчетная модель. Вид сзади

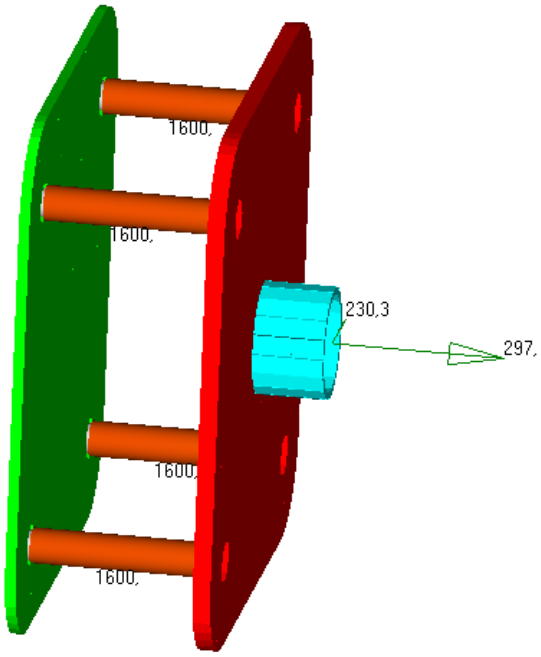

Рисунок 7. Расчетная модель. Шпильки М10

Модель реализована с использованием плоских элементов для фланца, задней пластины и обшивки, объемных элементов для наполнителя и болтовых соединений. Закрепление по нижнему торцу панели. К сечению стойки около фланца прикладываются расчетные нагрузки. Между фланцем, задней пластиной и панелью реализован фрикционный контакт с коэффициентом трения 0,15.

Материалы

Для фланца, стойки, задней пластины и обшивки используется сталь, модуль упругости $2*10^5$ МПа, коэффициент Пуассона 0,3, плотность 7850 кг/м^3.

Расчетное сопротивление стали фланца и задней пластины – 225 МПа (сталь С235) по СП 16.13330.2011, для болтов будет уточнено по результатам расчетов.

Для листов обшивки панели принята тонколистовая оцинкованная сталь по ГОСТ 14819-80 с пределом текучести 230 МПа, расчетное сопротивление 230/1,1 = 209 МПа.

Материал заполнителя – пенополистирол (пенопласт).

Для этого материала характерен значительный разброс механических характеристик, зависящий, в первую очередь, от марки и плотности. Данные по некоторым материалам приведены в следующих таблицах [3].

19. Технические характеристики экструзионного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС (ТУ 5767-006-56925804–2007)

Наименование	Метод испытаний	Размерность	Показатели плит ПЕНОПЛЭКС®				
			31С	31	35	45С	45
Плотность	ГОСТ 15588–86	кг/м^3	28,0 … 30,5	25,0 … 30,5	28,0 … 37,0	35,0 … 40,0	38,1 … 45,0
Прочность на сжатие при 10% линейной деформации, не менее	ГОСТ 17177–94	МПа	0,20	0,20	0,25	0,41	0,50
Предел прочности при статическом изгибе, не менее	ГОСТ 17177–94	МПа	0,25	0,25	0,4	0,4	0,4-0,7
Модуль упругости	СОЮЗ-ДОРНИИ	МПа	15	15	15	18	18

20. Технические характеристики экструзионного пенополистирола ТЕХНОПЛЕКС (ТУ 2244-047-17925162–2006)

Наименование	Метод испытаний	Размерность	Показатели плит ТЕХНОПЛЭКС					
			30 … 250С	30 … 250	35 … 250С	35 … 250	45 … 500С	45 … 500
Плотность	ГОСТ 15588–86	кг/м^3	25,0 … 30,0	25,0 … 30,0	30,1 … 38,0	30,1 … 38,0	38,1 … 45,0	38,1 … 45,0
Прочность на сжатие при 10% линейной деформации, не менее	ГОСТ 17177–94	МПа	0,2	0,2	0,25	0,25	0,5	0,5
Предел прочности при статическом изгибе, не менее	ГОСТ 17177–94	МПа	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,35
Модуль упругости	СОЮЗ-ДОРНИИ	МПа	18	18	18	20	20	20

21. Технические характеристики экструзионного пенополистирола STYROFOAM (ТУ 2244-001-42809359-02)

Наименование	Метод испытаний	Размерность	Показатели плит STYROFOAM							
			STYROFOAM 250 A	STYROFOAM 300 A	STYROFOAM 500 A	STYROFOAM IB 250-A	STYROFOAM IBF 250-A	STYROFOAM GEO 350 A	STYROFOAM GEO 500 A	STYROFOAM GEO 700 A
Плотность	ГОСТ 15588–86	кг/м^3	32	32	38	32	32	34	38	45
Прочность на сжатие при 10% линейной деформации, не менее	ГОСТ 17177–94	МПа	0,25	0,30	0,50	0,25	0,30	350	500	700

22. Технические характеристики пенополистирола, изготовленного по беспрессовой технологии (ГОСТ 15588–86)

Наименование	Метод испытаний	Размерность	Показатели плит ПСБ-С			
			ПСБ-С 15	ПСБ-С 25	ПСБ-С 35	ПСБ-С 50
Плотность	ГОСТ 17177–94	кг/м^3	До 12	15,1 … 25	25,1 … 35	35,1 … 50,00
Прочность на сжатие при 10% линейной деформации, не менее	ГОСТ 17177–94	МПа	0,02	0,02	0,16	0,20
Предел прочности при статическом изгибе, не менее	ГОСТ 17177–94	МПа	0,04	0,18	0,25	0,35

22. Технические характеристики пенополистирола, изготовленного по беспрессовой технологии (ГОСТ 15588–86)

Наименование	Метод испытаний	Размерность	Показатели плит ПСБ-С			
			ПСБ-С 15	ПСБ-С 25	ПСБ-С 35	ПСБ-С 50
Плотность	ГОСТ 17177–94	кг/м^3	До 12	15,1 … 25	25,1 … 35	35,1 … 50,00
Прочность на сжатие при 10% линейной деформации, не менее	ГОСТ 17177–94	МПа	0,02	0,02	0,16	0,20
Предел прочности при статическом изгибе, не менее	ГОСТ 17177–94	МПа	0,04	0,18	0,25	0,35

Характерными являются значения предела прочности на сжатие (при 10% деформации) – 0,2...0,5 МПа при плотности 30...50 кг/м^3, модуль упругости 15...20 МПа, коэффициент Пуассона 0,1...0,35.

По ГОСТ 21562-76 «Панели металлические с утеплителем из пенопласта» прочность наполнителя должна быть не менее 0,2...0,3 МПа, модуль упругости не более 25 МПа.

Типичная диаграмма при сжатии представлена на рис. 8.

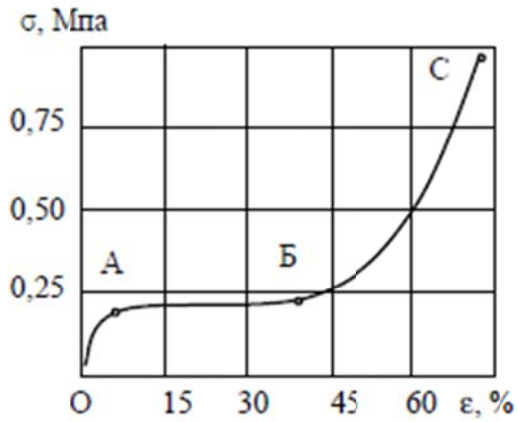

Рисунок 8. Условная диаграмма «нагрузка-деформация» пенополистирола ПС-4 (ρ=30 кг/м^3)

При напряжениях свыше 0,2 МПа начинается пластическое течение и последующее упрочнение при деформациях свыше 40%.

Отмечается, что при испытании пенопластов на сжатие хрупкое разрушение в большинстве случаев отсутствует, происходит значительная деформация без потери несущей способности (пластическое течение).

В качестве расчетных для наполнителя приняты следующие характеристики – модуль упругости 18 МПа, коэффициент Пуассона 0,3, плотность 30 кг/м^3.

С позиций прочности будем ориентироваться на значение предела текучести при сжатии 0,2 МПа.

Расчет модели производился в упруго-линейной постановке.

Результаты расчета

5.2.1. При отсутствии затяжки болтов

Данный расчет выполняется с целью определения усилий в болтах от внешней нагрузки, а также уровня напряжений в элементах конструкции.

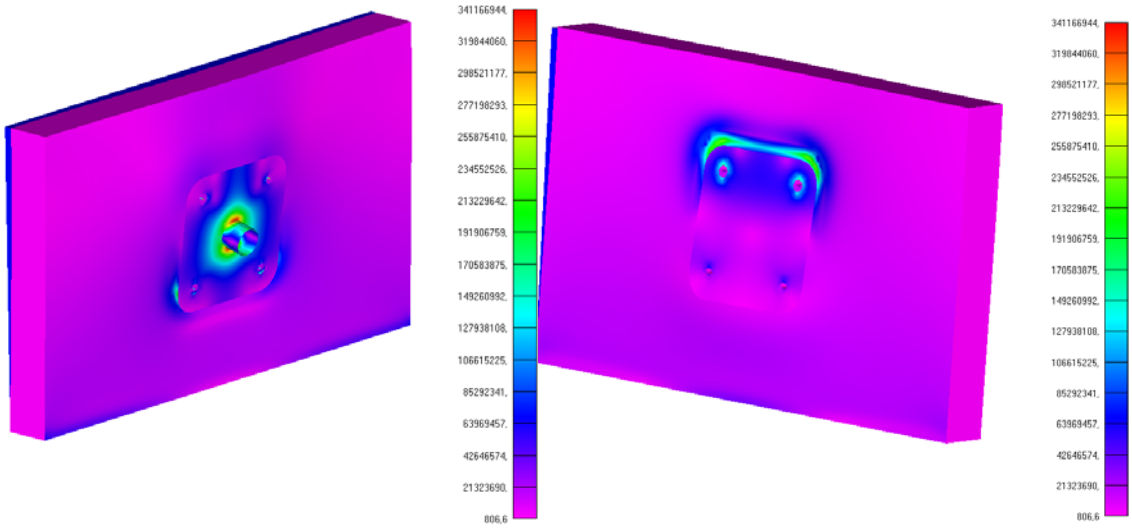

Рисунок 9. Общая картина напряжений, Па

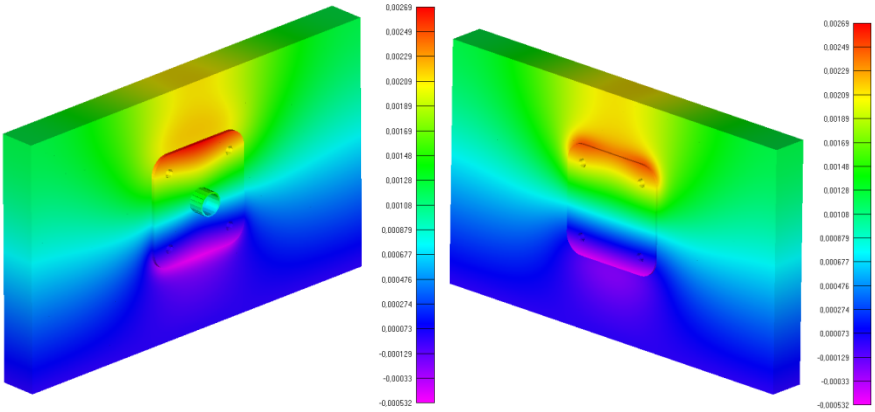

Рисунок 10. Перемещения точек модели по нормали к панели, м

Максимальное перемещение точек модели 2,7 мм, зазор между фланцем и панелью примерно 0,6 мм (рис.10). В нижней части фланца видно его вдавливание и задней пластины в панель примерно на 0,532+0,27 = 0,8 мм.

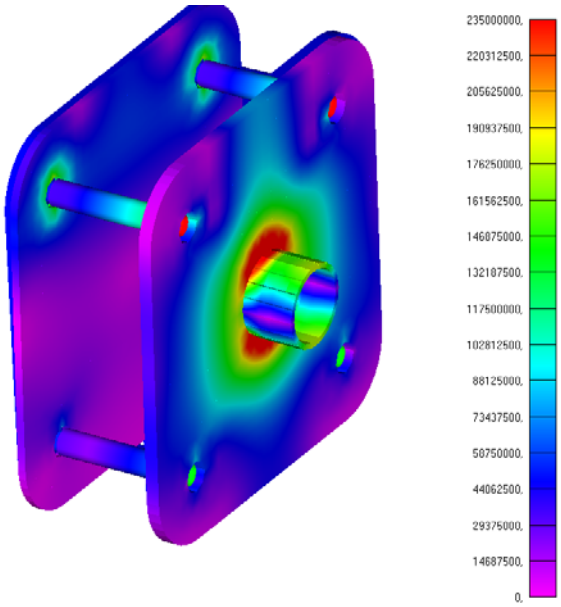

Рисунок 11. Общая картина напряжений фланца в сборе, Па

Максимальные основные напряжения во фланце на уровне 160 МПа, в задней пластине 156 МПа, на резьбовом участке болтов до 237 МПа (рис.11).

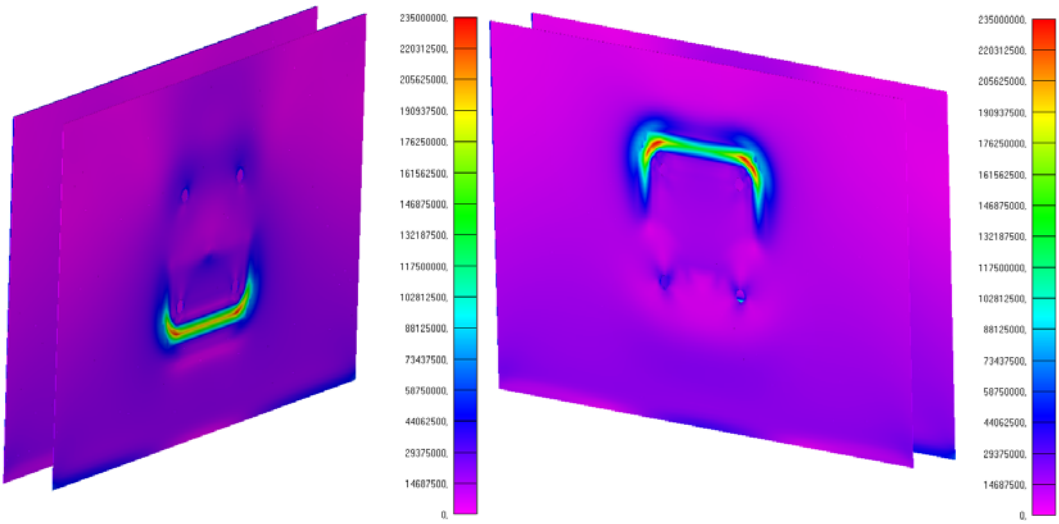

Рисунок 12. Общая картина напряжений в пластинах обшивки, Па

Основные напряжения в пластинах обшивки невелики – до 15...20 МПа, в зонах концентрации 145...260 МПа (рис.12).

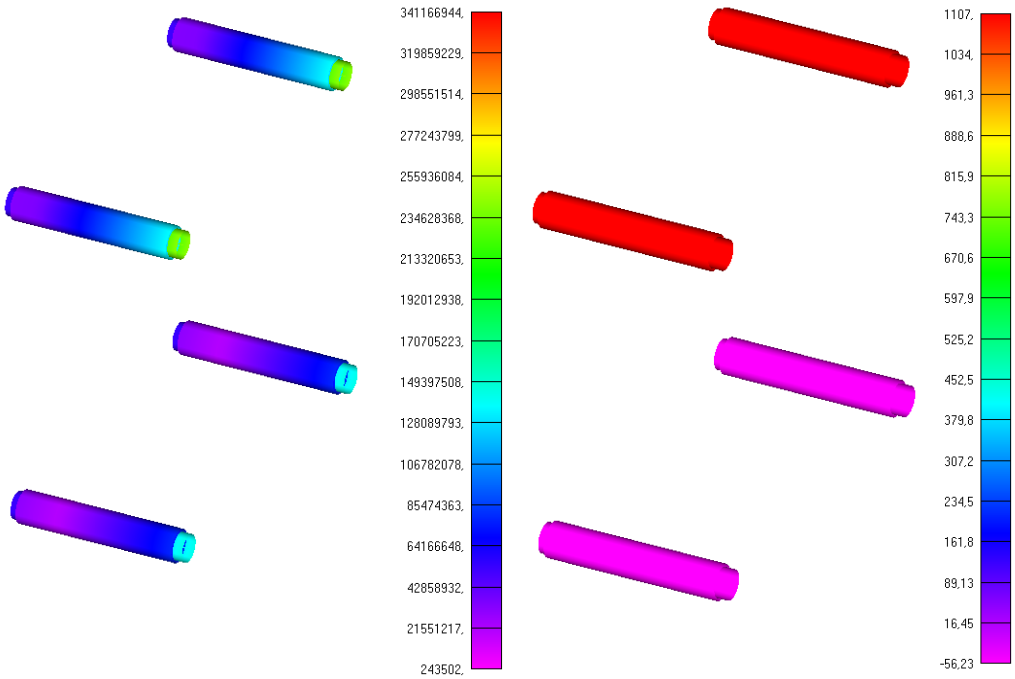

Рисунок 13. Общая картина напряжений в болтах (слева, Па) и усилия в болтах (справа, Н)

Максимальные напряжения в резьбовом участке болтов 233 МПа.

Максимальное усилие от внешней нагрузки 1107 Н (рис.13).

Как видно, вследствие учета податливости конструкции усилия в болтах от внешней нагрузки существенно снизились – с 1897 Н до 1107 Н, поэтому усилие затяжки болтов также может быть уменьшено до значения 0,75*1107 = 830 Н.

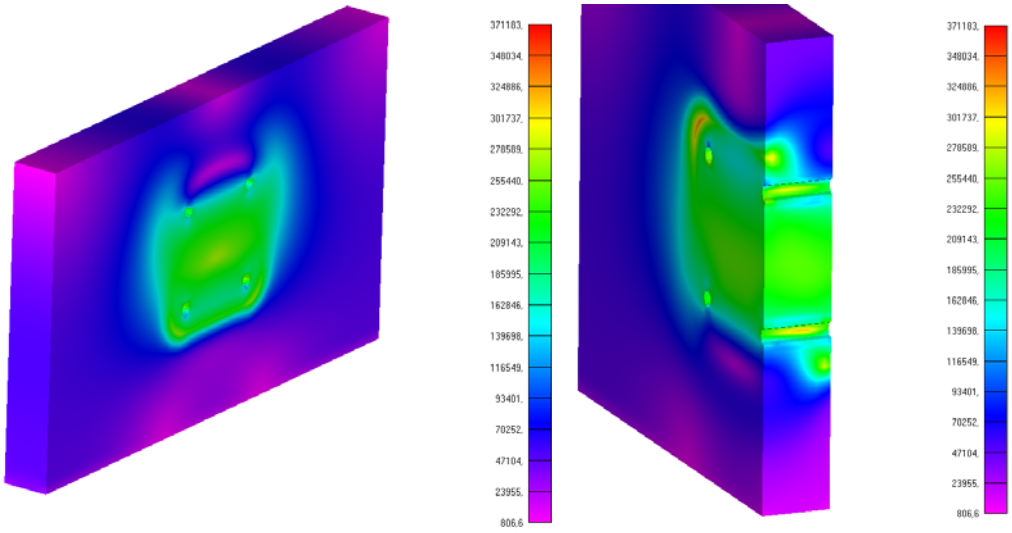

Рисунок 14. Общая картина напряжений в пенополиуретане

Основные напряжения в наполнителе на уровне 0,24 МПа, в зонах концентрации до 0,37 МПа (рис.14).

5.2.2. Усилие затяжки 800 Н

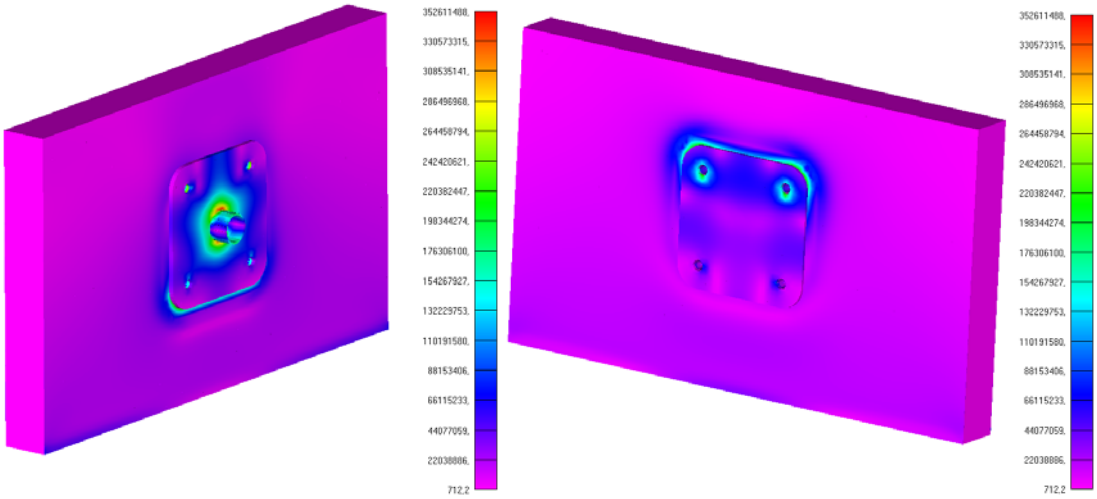

Рисунок 15. Общая картина напряжений

Максимальные напряжения незначительно возросли (рис.15).

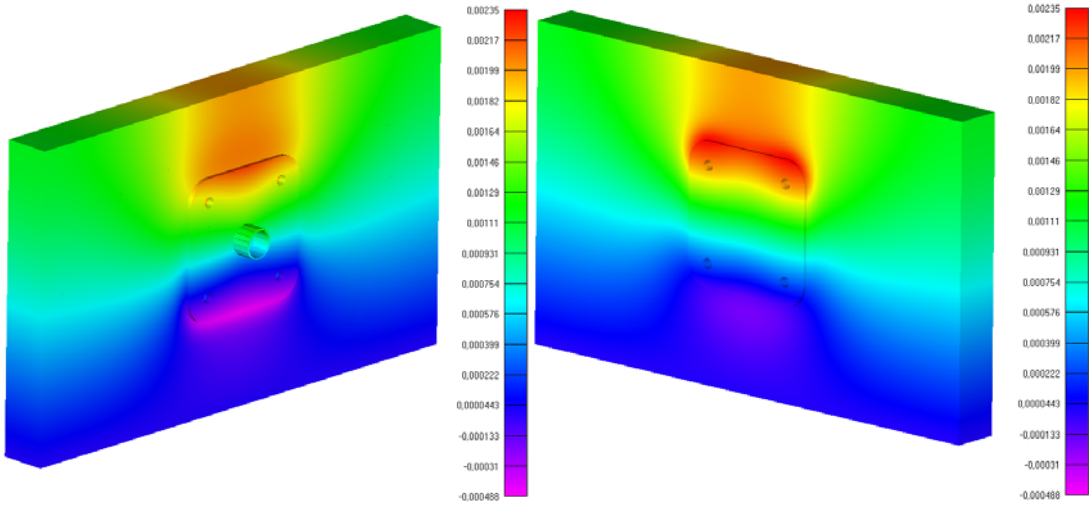

Рисунок 16 Перемещения точек модели по нормали к панели, м

Максимальный прогиб модели 2,3 мм, в области контакта зазора практически нет (небольшие упругие деформации), вдавливание фланца в панель 0,49+0,22 = 0,71 мм (рис.16).

Усилия затяжки 800 Н достаточно для отсутствия раскрытия стыка.

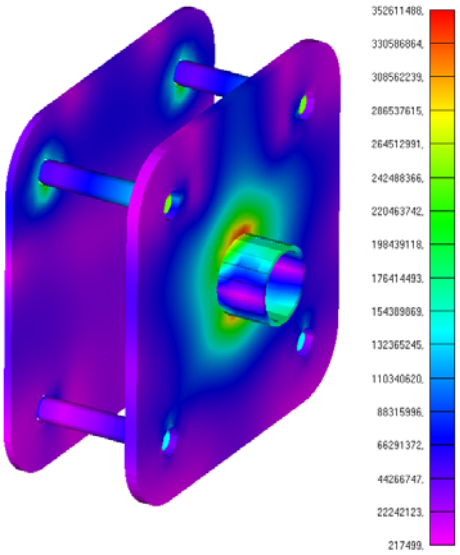

Рисунок 17. Общая картина напряжений фланца в сборе, Па

Максимальные основные напряжения во фланце на уровне 200 МПа. В задней пластине максимальные напряжения 185 МПа.

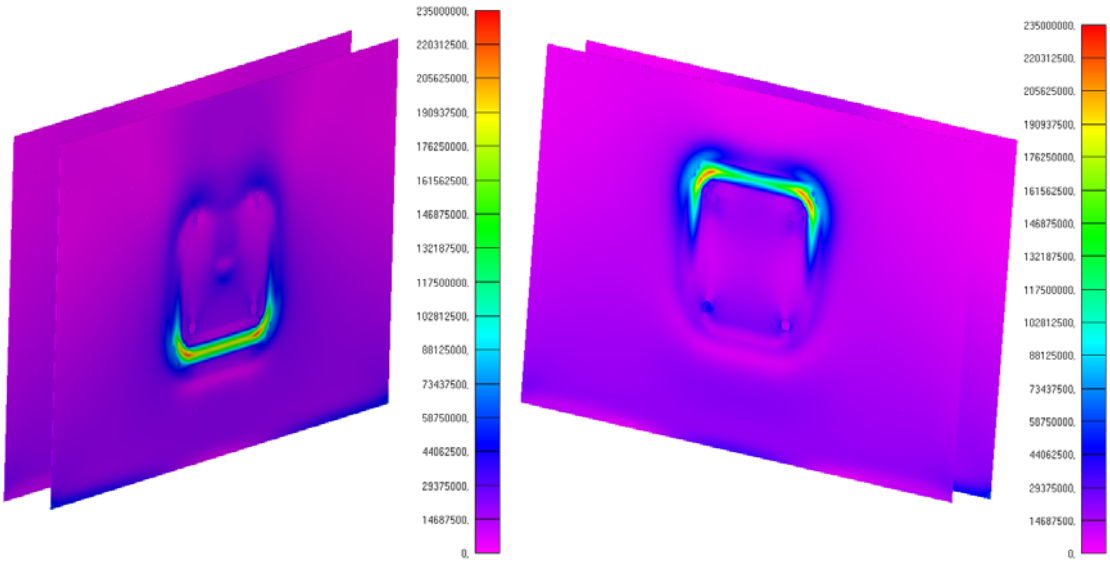

Рисунок 18. Общая картина напряжений в пластинах обшивки, Па

Основные напряжения невелики – до 30...40 МПа, в зонах концентрации до 160...230 МПа. (рис.18).

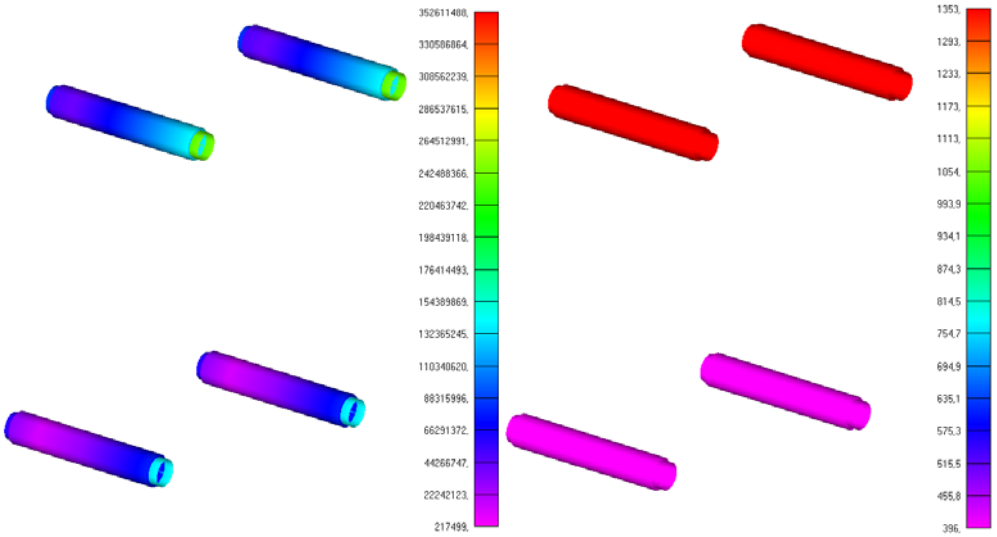

Рисунок 19. Общая картина напряжений в болтах (слева, Па) и усилия в болтах (справа, Н)

Максимальные напряжения в резьбовом участке болтов до 260 МПа.

Максимальное усилие в стержне болта 1353 Н (рис.19).

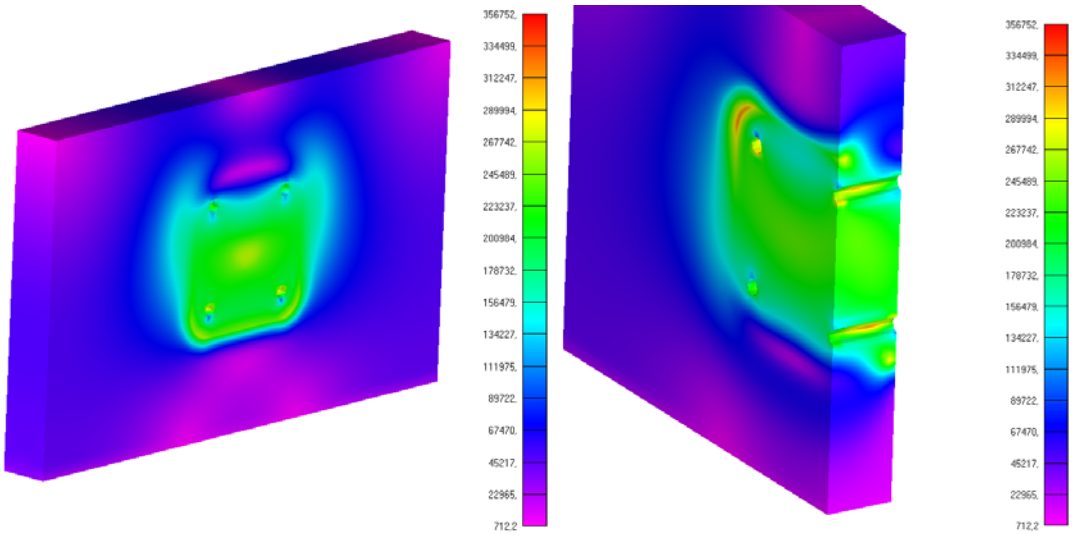

Рисунок 20. Общая картина напряжений в пенополиуретане

Основные напряжения в наполнителе (пенополиуретан) на уровне 0,25 МПа, максимальные до 0,36 МПа (рис.20).

5.2.3. Усилие затяжки 1600 Н

Данный расчет проводится с целью оценки напряженно-деформированного состояния конструкции (НДС) при избыточной затяжке болтов.

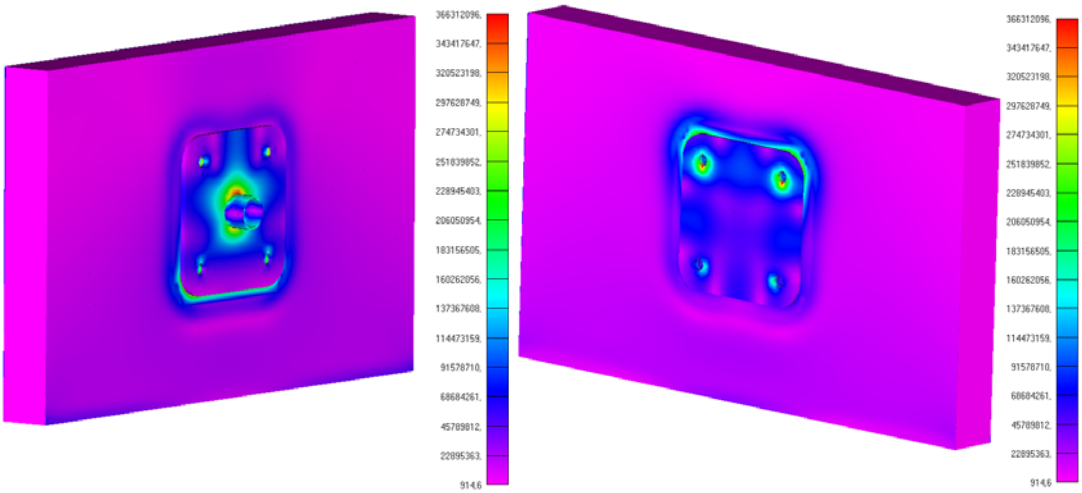

Рисунок 21. Общая картина напряжений

Максимальные напряжения незначительно возросли (рис.21).

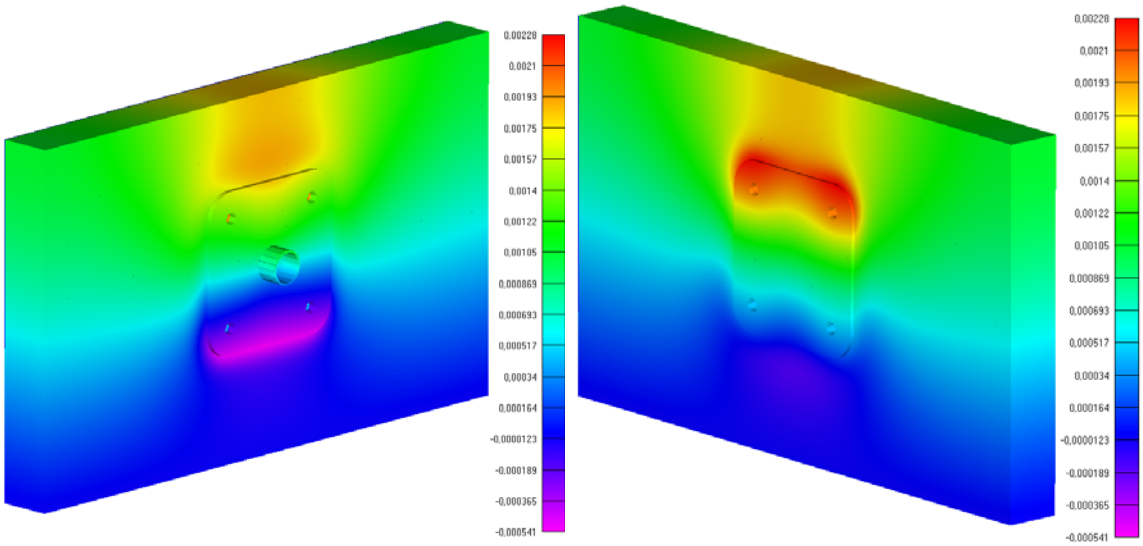

Рисунок 22 Перемещения точек модели по нормали к панели, м

Зазоры в стыке отсутствуют (если пренебречь упругими деформациями), в нижней части фланца наблюдается вдавливание в панель на глубину примерно 0,54+0,16 = 0,7 мм (рис.22).

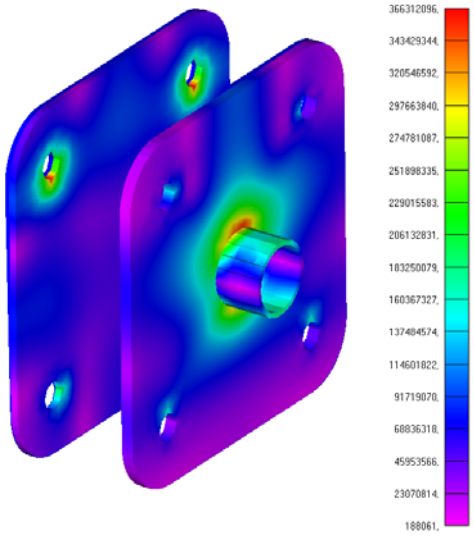

Рисунок 23. Общая картина напряжений фланца в сборе, Па

Максимальные основные напряжения во фланце на уровне 200...220 МПа. В задней пластине максимальные напряжения 200 МПа, в появившихся зонах концентрации до 310 МПа (рис.23).

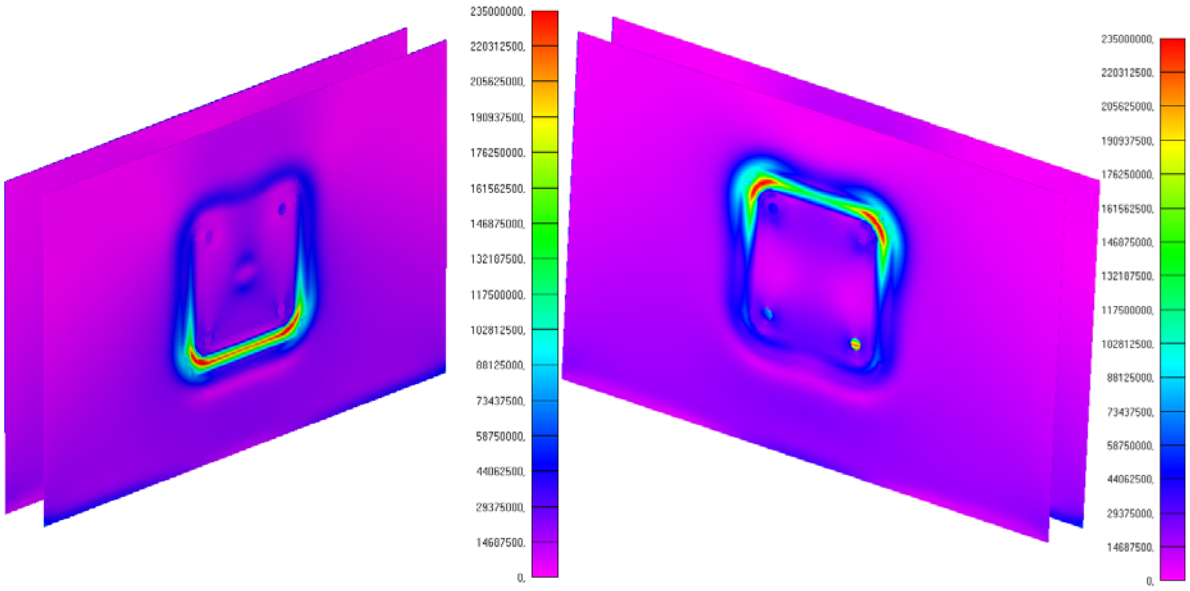

Рисунок 24. Общая картина напряжений в пластинах обшивки, Па

Основные напряжения до 40...100 МПа, в зонах концентрации до 320 МПа.

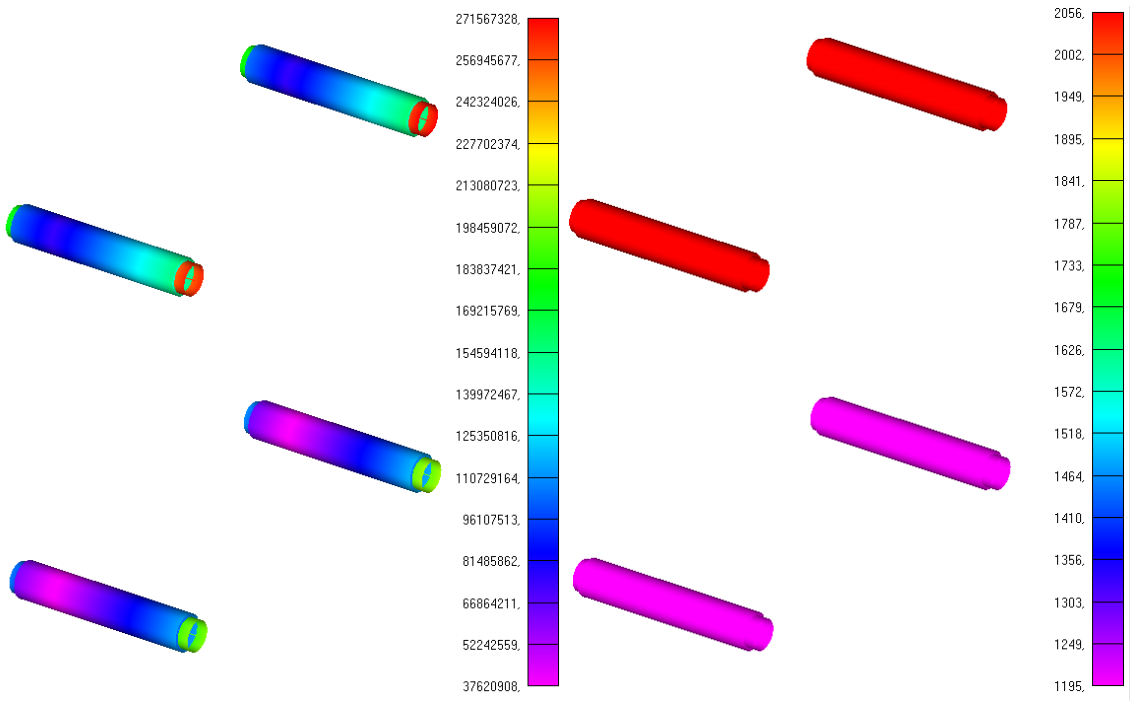

Рисунок 25. Общая картина напряжений в болтах (слева, Па) и усилия в болтах (справа, Н)

Максимальные напряжения в резьбовой части болтов возросли до 272 МПа.

Максимальное усилия в болтах до 2046 Н (рис.25).

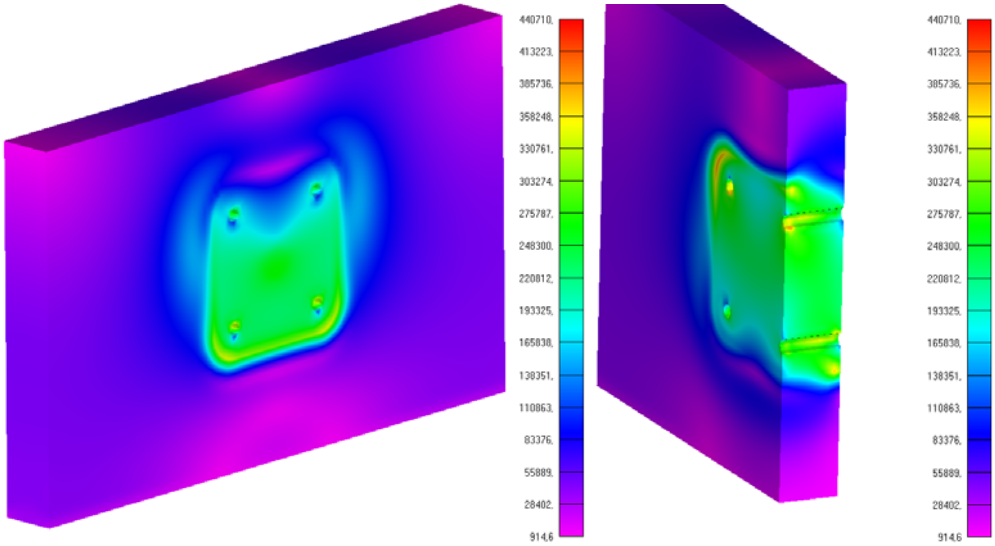

Рисунок 26. Общая картина напряжений в пенополиуретане

Основные напряжения в наполнителе стеновой панели на уровне 0,26 МПа, максимальные до 0,44 МПа (рис.26).

6. Анализ результатов. Выводы и рекомендации

При анализе напряженно-деформированного **ограждений кровли ВОЛ-3С ТУ 5262-001-92716048-2012** на заданные нагрузки проводился расчет в трехмерной физически и геометрически линейной конечно-элементной постановке.

Основные приведенные выше показатели напряженно-деформированного состояния элементов конструкции анализируемой модели соединения ограждения со стеновой панелью сведены в таблицу 1 в зависимости от усилия затяжки болтов.

Таблица 1

Показатель	Усилие затяжки болтов, Н		
	0	**800**	**1600**
Зазор между фланцем и панелью, мм	0,6	0	0
Вдавливание нижнего края фланца, мм	0,8	0,71	0,7
Основные напряжения в наполнителе, МПа	0,24	0,25	0,26
Максимальные напряжения в наполнителе, МПа	0,37	0,36	0,44
Основные напряжения во фланце, МПа	160	200	220
Максимальные напряжения во фланце, МПа	344	352	366
Основные напряжения в обшивке панели, МПа	20	40	100
Максимальные напряжения в обшивке панели, МПа	260	230	320
Максимальное напряжение в болтах, МПа	233	260	272
Максимальное усилие в болтах, Н	1107	1353	2046

1. Необходимо отметить, что основные напряжения в наполнителе слабо зависят от усилия затяжки болтов, а определяются в основном внешними нагрузками, передающимися на фланец. Напряжения находятся на уровне 0,24...0,26 МПа, поэтому работа данного соединения может гарантироваться для стеновых панелей с наполнителем, имеющим предел текучести на сжатие не ниже 0,3 МПа (с запасом). В противном случае, учитывая значительный диапазон деформаций (от 10 до 50%) наполнителя при появлении текучести, большой фрагмент сжатой части панели может быть разрушен (вырыв).
2. Увеличение усилия затяжки болтов до определенного уровня приводит к стабилизации (выравниванию) работы соединения – выбирается зазор между верхней частью фланца и панелью с уменьшением вдавливания нижнего края фланца и некоторым снижением максимальных напряжений в наполнителе. Одновременно понижаются максимальные напряжения в листах обшивки панели, которые в зонах концентрации имеют порядок предела текучести ее материала (230 МПа).
3. Избыточная затяжка (в данном случае 1600 Н) приводит при нагружении конструкции к возрастанию максимальных напряжений в наполнителе, основных и максимальных напряжений в обшивке, причем последние существенно превышают (320 МПа) предел ее текучести (230 МПа).
4. Имеется некоторое оптимальное усилие затяжки, в данном случае близкое к значению 800 Н.
5. При монтаже необходимо использовать контролируемую затяжку болтов либо визуальный ее контроль до появления признаков локального вдавливания фланца в

панель. Последний способ требует определенного опыта. Нельзя затягивать болты "до упора".

6. Указанные выше выводы и рекомендации на основе результатов расчетов целесообразно проверить экспериментально на панелях с различной прочностью наполнителя.

7. Максимальные напряжения в болтах (шпильках) на уровне 230...270 МПа, поэтому в соединении следует использовать болты класса прочности 5.8 (предел текучести 400 МПа).

7. Список основных использованных источников

1. ТУ 5262-002-92716048-2012 «Быстросборные металлические лестницы «Вол-Тех». Технические условия».
2. ГОСТ Р 53254-2009 Техника пожарная. Лестницы пожарные наружные стационарные. Ограждения кровли. Общие технические требования. Методы испытаний.
3. Ярцев В.П. и др. Физико-механические и технологические основы применения полистирола при дополнительном утеплении зданий и сооружений. Тамбов – 2010.
4. ГОСТ 21562-76 Панели металлические с утеплителем из пенопласта. Общие технические требования.
5. ГОСТ 14918-80 Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий.
6. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции
7. ГОСТ 1759.4-87 Болты, винты и шпильки. Механические свойства и методы испытаний.